



TUGAS AKHIR - RC14-1501

**MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG 9  
LANTAI UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH GRESIK  
MENGUNAKAN STAGGERED TRUSS FRAMING  
SYSTEMS**

AGUNG HADI SAPUTRO  
NRP 3115105058

Dosen Pembimbing :  
Data Iranata ,S.T.,M.T.,Ph.D.  
NIP. 198004302005011002

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017



TUGAS AKHIR - RC14-1501

**MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG 9  
LANTAI UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH GRESIK  
MENGUNAKAN STAGGERED TRUSS FRAMING  
SYSTEMS**

AGUNG HADI SAPUTRO  
NRP 3115105058

Dosen Pembimbing :  
Data Iranata ,S.T.,M.T.,Ph.D  
NIP. 198004302005011002

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017



FINAL PROJECT - RC14-1501

**MODIFICATION BUILDING STRUCTURE DESIGN OF  
9 FLOOR MUHAMMADIYAH GRESIK UNIVERSITY  
USING STAGGERED TRUSS FRAMING SYSTEMS**

AGUNG HADI SAPUTRO  
NRP 3115105058

Consellor Lecturer :  
Data Iranata ,S.T.,M.T.,Ph.D  
NIP. 198004302005011002

CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT  
Faculty of Civil Engineering and Planning  
Sepuluh Nopember Institute of Technolgy  
Surabaya 2017

## LEMBAR PENGESAHAN

### **MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG 9 LANTAI UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH GRESIK MENGUNAKAN *STAGGERED TRUSS FRAMING SYSTEMS***

#### **TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar  
Sarjana Teknik

pada

Program Studi S-1 Lintas Jalur Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**AGUNG HADI SAPUTRO**

NRP : 3115105058

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. **Data Iranata, ST., MT., Ph.D**

**NIP. 198004302005011002**



**SURABAYA  
JULI 2017**



# **MODIFIKASI PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG 9 LANTAI UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH GRESIK MENGUNAKAN STAGGERED TRUSS FRAMING SYSTEMS**

**Nama Mahasiswa** : Agung Hadi Saputro  
**NRP** : 3115105058  
**Jurusan** : Teknik Sipil FTSP-ITS  
**Dosen Pembimbing** : Data Iranata, ST.,MT.,PhD

## **Abstrak**

*Gedung 9 Lantai Universitas Muhammadiyah Gresik menggunakan struktur beton bertulang. Desain struktur menggunakan beton dengan metode sistem rangka pemikul momen. Modifikasi desain yang akan dilakukan adalah mengubah struktur yang semula memakai beton bertulang konvensional menjadi struktur baja metode Staggered Truss Framing Systems. STF tidak hanya sebagai penahan gaya aksial tetapi juga sebagai penahan gaya lateral yang diakibatkan oleh beban gempa. Sistem STF efektif untuk bangunan dengan tinggi menengah, seperti hotel, apartemen, rumah sakit, serta struktur lain yang menggunakan tinggi antar lantai yang rendah.*

*Pada tugas akhir ini perhitungan berdasarkan peraturan SNI 1726:2012 tentang Tata Cara Perencanaan Tahan Gempa Untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung, SNI 1729:2015 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural, SNI 1729:2002 tentang Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung, PPIUG 1983 tentang Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung, dan SNI 1727:2013 tentang Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Beban gempa dihitung dengan metode beban gempa dinamis respons spectrum, kemudian dianalisis dengan menggunakan program bantu komputer SAP2000.*

*Dari analisa diperoleh hasil perhitungan, yaitu: tebal pelat atap dan pelat lantai 120 mm, dimensi balok bordes WF 100 x 50 x 5 x 7, dimensi balok utama tangga WF 250 x 125 x 5 x 8 dan dimensi balok penumpu WF 250 x 125 x 5 x 8, dimensi*

*balok penumpu lift WF 300 x 150 x 6,5 x 9. Untuk struktur primer didapat dimensi kolom WF 400 x 400 x 70 x 45; dimensi spandrel beam (Lantai) WF 588 x 300 x 12 x 20; dimensi spandrel beam (Atap) WF 600 x 200 x 17 x 11; dimensi vierendel panel WF 298 x 149 x 8 x 5,5; dimensi truss chord WF 294 x 200 x 12 x 8; dimensi truss diagonal dan vertical HSS 200 x 200 x 12. Serta perencanaan sambungan digunakan baut mutu  $f_{ub} = 8250 \text{ MPa}$ . Perencanaan pondasi menggunakan tiang pancang beton pracetak berjenis Spun Piles berdiameter  $\varnothing 40 \text{ cm}$  (ketebalan 7,5 cm).*

***Kata kunci : Struktur Baja, Staggered Truss Framing Systems, Gempa.***

# **MODIFICATION BUILDING STRUCTURE DESIGN OF 9 FLOOR MUHAMMADIYAH GRESIK UNIVERSITY USING STAGGERED TRUSS FRAMING SYSTEMS**

**Name of Student** : Agung Hadi Saputro  
**NRP** : 3115105058  
**Department** : Civil Engineering FTSP-ITS  
**Consellor Lecturer** : Data Iranata, ST.,MT.,PhD

## **Abstract**

9th Floor Muhammadiyah University Gresik building uses a reinforced concrete structure which called moment frame method. The design modification that will be done is to change the structure which originally uses conventional reinforced concrete into steel structure of Staggered Truss Framing Systems method. STF is not only a barrier of axial force but also as a lateral force holder caused by earthquake loads. The STF system is effective for high-rise buildings, such as hotels, apartments, hospitals, and other structures that use low inter-floor height.

To produce the structural design of steel rational, then this plan refers to the rules that apply include SNI 1726: 2012 on Procedures Planning Earthquake for Building and Non Building, SNI 1729: 2015 on Specifications for Buildings Structural Steel, SNI 1729 : 2002 on Procedures for Steel Structural Design for Buildings, PPIUG 1983 on Indonesian Loading Regulation for Building, and SNI 1727: 2013 on Minimum Load for Planning Building and Other structures. Earthquake load is calculated by the method of dynamic response spectrum earthquake load, and then analyzed using computer aids program SAP2000.

From analysis and the calculation results, the roof plate and floor plate thickness 120 mm, dimensional bordes beam is WF 100 x 50 x 5 x 7, dimensional main strairs beam is WF 250 x 125 x 5 x 8 and dimensional leverage beam is WF 250 x 125 x 5 x 8, dimensional main lift is WF 300 x 150 x 6,5 x 9. While for primer structure obtained the dimensions of the main column WF 400 x 400 x 70 x 45; dimensions spandrel beam (Lantai) WF 588

*x 300 x 12 x 20; dimensions spandrel beam (Atap) WF 600 x 200 x 17 x 11; dimensions vierendel panel WF 298 x 149 x 8 x 5,5; dimensi truss chord WF 294 x 200 x 12 x 8; dimensi truss diagonal dan vertical HSS 200 x 200 x 12. As well as planning to use bolt connection quality fub = 8250 MPa. Planning of foundation using precast concrete piles that type is Spun Piles Ø40 cm (thickness 7.5 cm).*

***Keyword : Steel Structure Struktur Baja, Staggered Truss Framing Systems, Earthquake.***

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah Azza wa Jalla atas segala limpahan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya, serta shalawat dan salam yang selalu tercurah kepada panutan kita Nabi Muhammad Sallallahualaihiwasallam sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan proposal tugas akhir ini.

Selama proses penyusunan proposal tugas akhir ini penulis mendapatkan banyak bimbingan, dukungan dan pengarahan dari berbagai pihak. Karena itu, dengan segala kerendahan hati dan rasa hormat yang besar penulis menyampaikan rasa terima kasih yang tulus dan sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Data Iranata, ST.,MT.,PhD Selaku dosen pembimbing yang dengan sabar membimbing, mengarahkan dan memberi saran pada penulis.
2. Kedua orang tua penulis.
3. Bapak Ir.Wahju Herijanto, MT selaku dosen wali
4. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS Surabaya.
5. Bapak dan Ibu Karyawan di Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS Surabaya.
6. Teman sekelas Lintas Jalur Teknik Sipil 2015.

Penulis menyadari bahwa proses penyusunan proposal akhir ini banyak terdapat kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran dari berbagai pihak sangat diharapkan demi kesempurnaan proposal tugas akhir ini. Penulis berharap laporan ini nantinya dapat memberikan manfaat bagi semua pihak.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

*“Halaman ini Sengaja Dikosongkan”*

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	ii
ABSTRACT .....	iv
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL .....	xiv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1.Latar Belakang .....	1
1.2.Perumusan Masalah.....	3
1.2.1.Permasalahan Utama .....	3
1.2.2.Detail Permasalahan .....	3
1.3.Tujuan.....	3
1.3.1.Tujuan Utama .....	3
1.3.2.Detail Tujuan .....	4
1.4.Batasan Masalah.....	4
1.5.Manfaat.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1.Konsep Perencanaan Struktur Baja .....	5
2.2.Perencanaan Elemen Struktur .....	6
2.2.1.Kolom.....	6
2.2.2.Balok .....	8
2.3.Moment Resisting Frame.....	10
2.3.1.Konsep Dasar Moment Resisting Frame .....	10
2.4.Staggered Truss Frame .....	11
2.4.1.Konsep Dasar Staggered Truss Framing Systems.....	11
2.4.2.Komponen Staggered Truss Framing Systems .....	14
2.4.3.Distribusi Beban Lateral .....	19
2.5.Sambungan.....	21
2.5.1.Kuat Rencana Sambungan Baut.....	22
2.5.2.Tata Letak Baut.....	24
2.5.3.Pertemuan Elemen Struktur pada Sambungan Baut...	25
2.6.Perhitungan Struktur Pondasi.....	25
2.6.1.Perencanaan Tiang Pancang .....	25

2.6.2.Perencanaan Poer .....	27
2.6.3.Perencanaan penulangan lentur .....	28
<b>BAB III METODOLOGI .....</b>	<b>29</b>
3.1.Umum .....	29
3.2.Diagram Alir .....	29
3.3.Pengumpulan Data dan Studi Literatur .....	31
3.3.1.Pengumpulan Data .....	31
3.3.2.Studi Literatur .....	32
3.4.Preliminary Design .....	32
3.4.1.Perencanaan Struktur Sekunder .....	32
3.4.2.Perencanaan Struktur Utama.....	33
3.5.Pembebanan .....	33
3.5.1.Beban Mati.....	33
3.5.2.Beban Hidup .....	34
3.5.3.Beban Angin .....	34
3.5.4.Beban Gempa.....	34
3.5.5.Kombinasi Pembebanan .....	41
3.6.Permodelan Struktur .....	42
3.7.Kontrol Perencanaan Struktur Utama .....	42
3.7.1.Kontrol Desain .....	42
3.7.2.Kontrol Perhitungan Elemen Struktur Primer .....	43
3.8.Perencanaan Sambungan .....	44
3.9.Perencanaan Struktur Pondasi .....	44
3.10.Penggambaran Output Desain .....	44
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>45</b>
4.1.Perencanaan Struktur Sekunder.....	45
4.1.1.Perencanaan Pelat Lantai .....	45
4.1.2.Perencanaan Tangga.....	50
4.1.3.Perencanaan Balok Penumpu Lift .....	67
4.2.Pemodelan Struktur .....	72
4.2.1.Data Gedung Modifikasi .....	72
4.2.2.Pemodelan Struktur 3 Dimensi .....	73
4.2.3.Beban Mati.....	73
4.2.4.Beban Hidup .....	74
4.2.5.Beban Gempa.....	74



4.2.6.Kombinasi Pembebanan .....	78
4.2.7.Kontrol Desain .....	79
4.3.Perencanaan Struktur Primer.....	85
4.3.1.Perencanaan Kolom Baja.....	86
4.3.2.Perencanaan Spandrel Beam (Lantai) .....	91
4.3.3.Perencanaan Spandrel Beam (Atap).....	94
4.3.4.Perencanaan Vierendel Panel.....	96
4.3.5.Perencanaan Truss Chord .....	99
4.3.6.Perencanaan Truss Diagonal.....	101
4.3.7.Perencanaan Truss Vertikal .....	102
4.3.8.Perencanaan Kolom Pedestal dan Base Plate .....	104
4.3.9.Perencanaan Sambungan .....	109
4.4.Perencanaan Pondasi .....	141
4.4.1.Spesifikasi Tiang Pancang.....	141
4.4.2.Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal.....	142
4.4.3.Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok .....	143
4.4.4.Kontrol Beban Maksimum Tiang ( $P_{max}$ ) Kolom ....	145
4.4.5.Kontrol Kekuatan Tiang Pancang Kolom Terhadap Kekuatan Aksial .....	145
4.4.6.Perencanaan Poer .....	145
4.4.7.Perencanaan Sloof .....	147
BAB V PENUTUP .....	149
5.1.Kesimpulan .....	149
5.2.Saran .....	150
DAFTAR PUSTAKA .....	151
LAMPIRAN	

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Moment Resisting Frames (Nidiasari, 2014) .....	11
Gambar 2.2 Staggered Truss Framing Systems (Del Savio et al, 2005).....	11
Gambar 2.3 Tipe Staggered Truss. (a) Pratt Truss (b) Vierendeel Truss (Jijo John K, S. Pradee, 2015)....	12
Gambar 2.4 Komponen Penyusun Staggerred Truss Framing Systems (Kim & Lee, 2006) .....	13
Gambar 2.5 Komponen Penyusun Staggerred Truss Framing Systems (Kim & Lee, 2006) .....	13
Gambar 2.6 Elemen Kolom (Hassler, 1986).....	14
Gambar 2.7 Beban Kolom Diasumsikan Berasal Dari Hubungan Tepi Atas Truss Dengan Kolom (Scalzi, 1971).....	15
Gambar 2.8 Deformasi akibat beban. Tranlasi (Wexler & Lin, 2001).....	16
Gambar 2.9 Deformasi akibat beban.(b) Rotasi (Wexler & Lin, 2001).....	16
Gambar 2.10 Pratt Truss Pada STF (Del Savio et al, 2005) ..	17
Gambar 2.11 Sistem Lantai dengan Pelat Pracetak Beton Berongga (Wexler & Lin, 2001) .....	19
Gambar 2.12 Deformasi Geser Lantai pada Bracing Tunggal (Wexler & Lin, 2001) .....	20
Gambar 2.13 Kontrol Geser Pons Pada Poer Akibat Beban Kolom .....	28
Gambar 3.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir .....	29
Gambar 3.2 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir .....	30
Gambar 3.3 Peta Respon Spektra Percepatan 0.2 Detik ( $S_s$ ) Di Batuan Dasar (SB).....	38
Gambar 3.4 Peta Respon Spektra Percepatan 1 Detik ( $S_1$ ) Di Batuan Dasar (SB).....	39
Gambar 3.5 Spektrum Respon Desain (SNI 1726 : 2012 gambar 1).....	40
Gambar 4. 1 Denah Tangga .....	51

Gambar 4. 2 Potongan Tangga.....	52
Gambar 4. 3 Sketsa Pembebanan Balok Utama .....	57
Gambar 4. 4 Pembebanan Balok Penumpu Tangga .....	63
Gambar 4. 5 Posisi MA, MB, MC Balok Penumpu Tangga..	65
Gambar 4. 6 Gambar Denah Lift.....	67
Gambar 4. 7 Gambar Potongan Melintang Lift.....	68
Gambar 4. 8 Gaya Dalam Balok Penumpu Lift (Output SAP) .....	69
Gambar 4. 9 Pembebanan Struktur Utama .....	73
Gambar 4. 10 Respon Spektrum Desain Gresik untuk Tanah Sedang .....	76
Gambar 4. 11 Kombinasi Pembebanan .....	78
Gambar 4. 12 Tampak Atas Kolom Pedestal .....	104
Gambar 4. 13 Sambungan Balok Utama Tangga – Balok Penumpu Tangga.....	112
Gambar 4. 14 Sambungan Balok Penumpu Tangga - Kolom .....	115
Gambar 4. 15 Sambungan Kolom ke Kolom.....	119
Gambar 4. 16 Sambungan Baut dan Las Pada Spandrel Beam.....	121
Gambar 4. 17 Sambungan Spandrel Beam ke Kolom (Tepi) .....	123
Gambar 4. 18 Sambungan Baut dan Las Pada Spandrel Beam.....	125
Gambar 4. 19 Sambungan Spandrel Beam ke Kolom (Tengah).....	128
Gambar 4. 20 Sambungan Truss Chord - Kolom.....	131
Gambar 4. 21 Sambungan Truss (Detail D).....	135
Gambar 4. 22 Sambungan Truss (Detail E) .....	138
Gambar 4. 23 Sambungan Truss (Detail F) .....	141
Gambar 4. 24 Grafik Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal .....	143
Gambar 4. 25 Diagram Penulangan Lentur Sloof (Output PCA COL).....	148

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Kategori Resiko Bangunan.....	34
Tabel 3.2 Klasifikasi Situs .....	36
Tabel 3.3 Koefesien Situs, Fa .....	37
Tabel 3.4 Koefesien Situs, Fv .....	38
Tabel 3.5 Kategori Desain Seismik (KDS) berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek....	41
Tabel 3.6 Kategori Desain Seismik (KDS) berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda 1 detik ....	41
Tabel 4. 1 Hasil Data Tanah berdasarkan N-SPT .....	75
Tabel 4. 2 Rasio Partisipasi Massa.....	80
Tabel 4. 3 Nilai Waktu Getar Alami .....	81
Tabel 4. 4 Reaksi Dasar Struktur .....	82
Tabel 4. 5 Gaya Geser Akibat Beban Gempa .....	83
Tabel 4. 6 Kontrol Simpangan Yang Terjadi Akibat Beban Gempa Arah X .....	84
Tabel 4. 7 Kontrol Simpangan Yang Terjadi Akibat Beban Gempa Arah X .....	85
Tabel 4. 8 Nilai Gaya Pada Baut.....	118
Tabel 4. 9 Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal .....	142

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Universitas Muhammadiyah Gresik merupakan perguruan tinggi swasta yang terletak di Jl. Sumatra 101 GKB, kabupaten Gresik. Dengan meningkatnya peminat Universitas Muhammadiyah Gresik, serta lahan kampus yang relative sempit tidak menutup kemungkinan penambahan ruang kelas pada gedung 9 Lantai. Pada awalnya gedung 9 Lantai Universitas Muhammadiyah Gresik merupakan gedung 9 lantai menggunakan struktur beton dengan luas bangunan 40m x 15m dimana luas bangunan sama perlantainya. Strukturnya seperti balok dan kolom mempunyai dimensi yang besar dan jumlah tulangan yang banyak serta diameter yang besar. Ditinjau dari segi kekuatan mungkin baik, tetapi bangunan tersebut mempunyai berat yang cukup besar sehingga berdampak pada banyaknya tiang pancang pada pondasi dan tentunya biaya pembangunannya relatif mahal.

Maka dari itu dilakukan modifikasi ulang dari gedung 9 Lantai menggunakan struktur baja agar bangunanya tidak terlalu berat sehingga jumlah tiang pancang pada pondasi bisa berkurang. Struktur baja dipilih karena memiliki beberapa keunggulan, antara lain (Setiawan, 2008) :

1. Mempunyai kekuatan yang tinggi, sehingga dapat mengurangi ukuran struktur serta mengurangi pula berat sendiri dari struktur. Hal ini cukup menguntungkan bagi struktur-struktur jembatan yang panjang, gedung yang tinggi atau juga bangunan-bangunan yang berada pada kondisi tanah yang buruk.
2. Keseragaman dan keawetan yang tinggi, tidak seperti halnya material beton bertulang yang terdiri dari berbagai macam bahan penyusun, material baja jauh lebih seragam/homogeny serta mempunyai tingkat keawetan

yang jauh lebih tinggi jika prosedur perawatannya dilakukan secara semestinya.

3. Sifat elastis, baja mempunyai perilaku yang cukup dekat dengan asumsi-asumsi yang digunakan untuk analisa, sebab baja dapat berperilaku elastis hingga tegangan yang cukup tinggi mengikuti Hukum Hooke. Momen inersia dari suatu profil baja juga dapat dihitung dengan pasti sehingga memudahkan dalam melakukan analisa struktur.
4. Daktalitas baja cukup tinggi, karena suatu batang baja yang menerima tegangan tarik yang tinggi akan mengalami regangan tarik cukup besar sebelum terjadi keruntuhan.
5. Beberapa keuntungan lain memakai baja sebagai material konstruksi adalah kemudahan penyambungan antarelemen yang satu dengan lainnya menggunakan alat sambung las atau baut. Pembuatan baja melalui proses gilas panas mengakibatkan baja menjadi mudah dibentuk menjadi penampang-penampang yang diinginkan. Kecepatan pelaksanaan konstruksi baja juga menjadi suatu keunggulan material baja.

Sistem struktur baja yang akan digunakan untuk perencanaan modifikasi struktur Gedung 9 Lantai Universitas Muhammadiyah Gresik adalah dengan sistem *Staggered Truss Framing*. Konsep *Staggered Truss Framing* atau sistem rangka selang-seling pertama kali dikembangkan oleh Massachusetts Institute Technology (MIT) pada tahun 1960-an. Sistem STF efektif untuk bangunan dengan tinggi menengah, seperti hotel, apartemen, rumah sakit, serta struktur lain yang menggunakan tinggi antar lantai yang rendah. Sistem staggered truss terdiri dari rangkaian rangka batang tersusun (*truss*), dengan ketinggian *truss* setinggi tingkat yang membentang keseluruhan lebar antara dua baris kolom eksterior dan diatur dalam pola selang-seling (*staggered*) pada garis kolom yang berdekatan. Dengan kolom hanya pada sisi eksterior dari gedung, maka sistem *staggered truss* mampu memberikan suatu bentang bebas kolom sebesar 18-21 meter (Wexler dan Lin, 2001). Sistem ini sangat ekonomis dan



mudah untuk fabrikasi bahkan sering lebih murah dibanding sistem rangka lain. Elemen rangka dari sistem ini memberikan ruang pada tengah bentang (*vierendeel panel*) yang dapat dijadikan koridor, sehingga sangat cocok diaplikasikan pada Gedung 9 Lantai Universitas Muhammadiyah Gresik yang membutuhkan ruang untuk koridor dan ruang kelas yang banyak.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Permasalahan yang akan dibahas dalam studi Tugas Akhir ini dijelaskan pada Permasalahan Utama dan Detail Permasalahan. Untuk penjelasan secara rinci sebagai berikut :

### **1.2.1. Permasalahan Utama**

Bagaimana memodifikasi Gedung 9 Lantai Universitas Muhammadiyah Gresik dari konstruksi beton menjadi konstruksi baja dengan menggunakan *Staggered Truss Framing Systems*?

### **1.2.2. Detail Permasalahan**

1. Bagaimana merencanakan struktur sekunder yang meliputi plat lantai, tangga, dan balok penumpu *lift*?
2. Bagaimana melakukan pemodelan struktur dengan menggunakan *Staggered Truss Framing Systems*?
3. Bagaimana merencanakan struktur primer yang meliputi kolom, balok, dan truss?
4. Bagaimana merencanakan sambungan antar profil sehingga antar profil bisa tersambung dengan kuat dan efisien?
5. Bagaimana merencanakan pondasi yang meliputi poer dan tiang pancang?

## **1.3 Tujuan**

Tujuan yang akan didapat dalam Tugas Akhir ini dijelaskan pada Tujuan Umum dan Detail Tujuan. Untuk penjelasan secara rinci sebagai berikut :

### **1.3.1. Tujuan Utama**

Mampu memodifikasi gedung Gedung 9 Lantai Universitas Muhammadiyah Gresik dari konstruksi beton menjadi konstruksi baja dengan menggunakan *Staggered Truss Framing Systems*.

### 1.3.2. Detail Tujuan

1. Mampu merencanakan struktur sekunder yang meliputi plat lantai, tangga, dan balok penumpu *lift*.
2. Mampu melakukan pemodelan struktur dengan menggunakan *Staggered Truss Framing Systems*.
3. Mampu merencanakan struktur primer yang meliputi kolom, balok, dan *truss*.
4. Mampu merencanakan sambungan antar profil sehingga antar profil bisa tersambung dengan kuat dan efisien.
5. Mampu merencanakan pondasi yang meliputi poer dan tiang pancang.

### 1.4 Batasan Masalah

Untuk menghindari terlalu luasnya cakupan yang dibahas maka diperlukan batasan pengerjaan dalam Tugas Akhir ini, diantaranya:

1. Perencanaan struktur utama meliputi kolom, balok, dan *truss*.
2. Perencanaan struktur sekunder meliputi plat lantai, tangga, dan balok penumpu *lift*.
3. Tidak meninjau dari segi metode pelaksanaan dan manajemen konstruksi.
4. Pemodelan dan analisa struktur dilakukan dengan program SAP 2000.

### 1.5 Manfaat

Manfaat yang bisa didapatkan dari modifikasi perencanaan ini adalah :

1. Dapat merencanakan struktur konstruksi baja 9 lantai dengan menggunakan *Staggered Truss Framing Systems* yang memenuhi persyaratan keamanan struktur.
2. Sebagai alternative sistem struktur untuk sarana pendidikan cepat bangun, murah, dan tahan gempa sehingga dapat diaplikasikan di Indonesia.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Konsep Perencanaan Struktur Baja**

Bangunan bertingkat harus memiliki struktur yang dapat memikul beban-beban yang bekerja yaitu beban gravitasional dan beban lateral. Beban gravitasional adalah beban mati dan beban hidup, sedangkan beban lateral adalah beban angin dan gempa.

Tujuan dari desain bangunan tahan gempa adalah untuk mencegah terjadinya kegagalan struktur yang bisa berakibat terjadinya korban jiwa. Perencanaan struktur dapat direncanakan dengan mengetahui skenario keruntuhan dari struktur tersebut dalam menahan beban maksimum yang bekerja. Pelaksanaan konsep desain kapasitas struktur adalah memperkirakan urutan kejadian dari kegagalan suatu struktur berdasarkan beban maksimum yang di alami struktur. Sehingga kita merencanakan bangunan dengan elemen-elemen struktur tidak dibuat sama kuat terhadap gaya yang direncanakan, tetapi ada elemen-elemen struktur atau titik pada struktur yang dibuat lebih lemah dibandingkan dengan yang lain dengan harapan di elemen atau titik itulah kegagalan struktur terjadi pada saat beban maksimum bekerja.

Struktur baja merupakan salah satu sistem struktur yang baik pada daerah rawan gempa, karena material baja mempunyai sifat yang khas bila dibandingkan material struktur yang lainnya yaitu daktilitas dan kekuatan tinggi. Dari hasil riset yang pernah dilakukan telah didapatkan tiga sistem struktur baja tahan gempa yang umum digunakan yaitu :

1. Rangka pemikul momen (MRF),
2. Rangka berpengaku konsentrik (CBF),
3. Rangka berpengaku eksentrik (EBF).

Rangka baja pemikul momen (MRF) mempunyai kemampuan disipasi energi yang cukup untuk dapat memberikan daktilitas yang diperlukan, tetapi struktur ini kurang kaku sehingga memerlukan ukuran penampang yang lebih besar dan panel zone pelat ganda yang mahal untuk memenuhi persyaratan drift. Pada

sisi lain sistem rangka berpengaku konsentrik (CBF) secara efisien dapat memenuhi batas-batas lendutan melalui aksi rangkapnya tetapi tidak memberikan suatu mekanisme yang stabil dalam disipasi energi. Sistem struktur berpengaku eksentrik (EBF) merupakan pengembangan dari dua sistem struktur penahan gaya lateral yang ada sebelumnya yaitu MRF dan CBF. Sistem ini dikembangkan untuk menyempurnakan sistem MRF dan CBF, dimana sistem MRF memiliki nilai daktilitas dan kapasitas disipasi energi yang besar dan stabil namun memiliki kekakuan yang lebih rendah disisi lain CBF memiliki kekakuan yang lebih besar namun mempunyai kapasitas disipasi energy yang lebih rendah. Sistem EBF dapat menggabungkan masing-masing keuntungan dari kedua system struktur tersebut, serta memperkecil kelemahan yang dimilikinya.

## **2.2. Perencanaan Elemen Struktur**

### **2.2.1. Kolom**

Fungsi kolom yaitu untuk mendukung beban lateral dan beban gravitasi total pada arah transversal dan longitudinal dari sistem struktur. Beban lateral pada gedung menghasilkan beban langsung pada kolom. Beban gravitasi didistribusikan ke kolom dengan cara umum yang dilakukan yaitu berdasarkan perbandingan luas lantai, yang menerima sejumlah beban reduksi sesuai dengan peraturan yang ada.

Pada perencanaan elemen kolom harus dilakukan pengecekan terhadap hal-hal sebagai berikut berdasarkan SNI 03-1729-2015 pasal E3 agar dapat memikul gaya-gaya yang terjadi:

Kolom merupakan elemen struktur yang menerima gaya tekan. Kolom menahan beban aksial melalui titik centroid. Komponen struktur yang mengalami gaya tekan konsentris akibat beban terfaktor,  $N_u$  harus memenuhi syarat:

$$N_u \leq \phi N_n \rightarrow \phi = 0,9 \quad (2.1)$$

Perbandingan kekakuan kolom terhadap kekakuan penahan ujung ujungnya (kekakuan baloknya)

$$G = \frac{\Sigma\left(\frac{I}{L}\right)_c}{\Sigma\left(\frac{I}{L}\right)_b} \quad (2.2)$$

- Kontrol Tekuk Lentur (SNI 1729:2015 pasal E3)

$$P_n = F_{cr} \cdot A_g \quad (2.3)$$

- Kontrol Tekuk Puntir (SNI 1729:2015 pasal E4)

$$F_e = \left[ \frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L)^2} + GJ \right] \frac{1}{I_x + I_y} \quad (2.4)$$

- Persamaan interaksi antara gaya normal tekan dan lentur: (SNI 1729:2015 pasal H1.1)

- Momen lentur dominan

$$\frac{P_r}{P_c} \geq 0,20 \rightarrow \frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,00 \quad (2.5)$$

- Gaya aksial dominan

$$\frac{P_r}{P_c} < 0,20 \rightarrow \frac{P_r}{2P_c} + \left( \frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,00 \quad (2.6)$$

- Amplifikasi momen (SNI 1729:2015 pasal 8.2)

Kekuatan lentur yang diperlukan,  $M_r$ , dan kekuatan aksial,  $P_r$ , dari semua komponen struktur harus ditentukan sebagai berikut :

$$M_r = B_1 M_{nt} + B_2 M_{lt} \quad (2.7)$$

$$P_r = P_{nt} + B_2 P_{lt} \quad (2.8)$$

### 2.2.2. Balok

Pada elemen balok bekerja gaya lentur dan gaya geser. Kapasitas lentur dan gaya geser harus memenuhi persyaratan sebagai berikut (SNI 03-1729-2015 Pasal F1) :

$$\phi_b M_n > M_u \quad (2.9)$$

$$\phi_v V_n > V_u \quad (2.10)$$

Dengan  $\phi_b$  adalah faktor reduksi lentur dan  $\phi_v$  adalah faktor reduksi geser yang nilainya sebesar 0,9.

Pada perencanaan elemen balok harus dilakukan pengecekan terhadap hal-hal sebagai berikut:

a. Cek terhadap kelangsingan penampang

- Sayap (flange):

- Penampang kompak

$$\lambda \leq \lambda_p \quad (2.11)$$

- Penampang tidak kompak

$$\lambda_p \leq \lambda \leq \lambda_r \quad (2.12)$$

- Badan (web):

- Penampang kompak

$$\lambda \leq \lambda_p \quad (2.13)$$

- Penampang tidak kompak

$$\lambda_p \leq \lambda \leq \lambda_r \quad (2.14)$$

b. Cek terhadap kapasitas lentur penampang

- Penampang kompak

$$M_n = M_p \quad (2.15)$$

- Penampang tidak kompak

$$M_n = M_p - (M_p - M_r) \left( \frac{\lambda_r - \lambda}{\lambda_r - \lambda_p} \right) \quad (2.16)$$

- Untuk Penampang langsing

$$M_n = M_r \left( \frac{\lambda_r}{\lambda} \right)^2 \quad (2.17)$$

Secara umum harus dipenuhi persamaan

$$M_u \leq \phi M_n \quad (2.18)$$

Dimana :

$M_n$  = momen nominal

$M_r$  = momen batas tekuk

- c. Cek terhadap tekuk torsi lateral (SNI 03-1729-2015 Pasal F2.2)

- Bentang pendek  
Syarat bentang pendek:  $L_b < L_p$
- Bentang menengah  
Syarat bentang menengah:  $L_p \leq L_b \leq L_r$
- Bentang panjang  
Syarat bentang panjang:  $L_b > L_r$   
Kapasitas lentur:  $M_n = F_{cr} \cdot S_x \leq M_p$

- d. Cek nominal geser (SNI 03-1729-2015 Pasal G2)

Kuat geser balok tergantung perbandingan antara tinggi bersih pelat badan (h) dengan tebal pelat badan (tw)

- Pelat badan leleh (Plastis)

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \cdot C_v \quad (2.19)$$

$$V_u \leq \phi V_n \rightarrow \phi = 0,9 \quad (2.20)$$

- e. Kontrol kuat Tarik (SNI 03-1729-2015 Pasal D5)

- Keruntuhan Tarik dan Geser

$$P_n = F_u (2tb_e) \quad (2.21)$$

$$P_n \leq 0.6 F_u A_{sf} \quad (2.22)$$

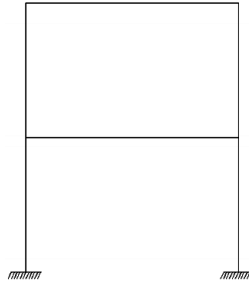
## **2.3. Moment Resisting Frame**

### **2.3.1. Konsep Dasar Moment Resisting Frame**

Moment resisting frame (MRF) merupakan sistem struktur rangka baja yang paling banyak digunakan pada konstruksi baja tahan gempa. Sistem struktur ini merupakan sistem struktur portal yang paling sederhana terdiri dari elemen balok dan kolom yang terhubung kaku. Tahanan gaya lateral diperoleh dari momen lentur dan gaya geser yang bekerja pada sistem portal dan sambungan. Keunggulan sistem MRF dibandingkan sistem struktur rangka dengan pengaku yaitu memiliki daktilitas yang tinggi sehingga memiliki kemampuan penyerapan energi gempa yang baik. Daktilitas yang tinggi menyebabkan deformasi yang terjadi juga besar sehingga kekakuan struktur kecil. Oleh karena itu ukuran elemen struktur pada sistem MRF lebih besar dibandingkan sistem struktur rangka baja dengan pengaku. Untuk mendapatkan desain yang baik dengan dimensi struktur yang tepat maka deformasi dan daktilitas struktur perlu dibatasi.

Balok dan kolom merupakan komponen utama pada sistem MRF. Struktur akan leleh pada lokasi yang menerima deformasi inelastik yang besar. Leleh yang terjadi pada kolom harus dihindari karena dapat menyebabkan kegagalan pada struktur. Oleh karena itu struktur MRF didesain dengan konsep kolom kuat-balok lemah untuk memaksa sendi plastis terjadi di balok. Namun jika struktur direncanakan dengan metode desain elastis maka konsep desain kolom kuat-balok lemah ini tidak menjamin sendi plastis tidak terjadi di kolom jika terjadi gempa kuat. Kolom leleh disebabkan metode desain elastis tidak akurat menggambarkan distribusi gaya lateral pada kondisi inelastik.



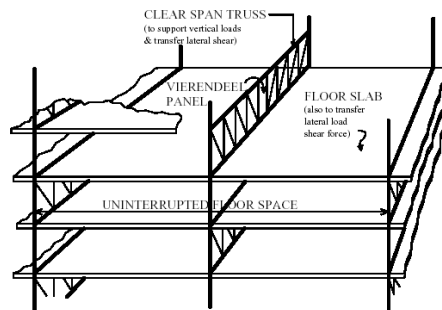


Gambar 2.1 *Moment Resisting Frames* (Nidiasari, 2014)

## 2.4. Staggered Truss Frame

### 2.4.1. Konsep Dasar Staggered Truss Framing Systems

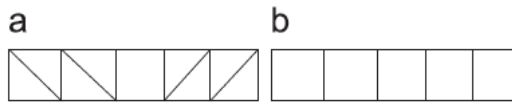
Sistem struktur rangka baja *Staggered Truss* ini terdiri dari beberapa rangka (*truss*) bentang panjang dengan lebar total sejarak antara 2 baris kolom eksterior dan disusun dengan konfigurari berselingan pada kolom. Dengan tidak adanya kolom interior dapat mengurangi beban terhadap pondasi, jumlah beton yang sedikit dengan demikian maka bangunan lebih ringan, sehingga beban gempa lebih kecil, dan beban terhadap pondasi juga pasti lebih kecil.



Gambar 2. 2 *Staggered Truss Framing Systems* (Del Savio et al, 2005)

Rangkaian STF terdapat 2 tipe yaitu *Pratt Truss* dan *Vierendeel Truss* dapat dilihat pada Gambar 2.2. *Pratt Truss* atau

biasa disebut *Hybrid Truss* (Gambar 2.2a) adalah susunan rangka batang diagonal dan merupakan tipe yang paling efisien pada STF. *Vierendeel Truss* atau biasa disebut *Open-Web Truss* (Gambar 2.2b) adalah susunan rangka batang yang memang didesain dengan panel terbuka. Tipe ini juga merupakan tipe yang efisien yang berlaku pada sistem STF. Pada bagian STF yang tidak terdapat *truss* (*Vierendeel Truss Panel*) bisa dimanfaatkan sebagai koridor atau lorong yang sangat cocok diaplikasikan pada bangunan apartemen atau rumah susun.

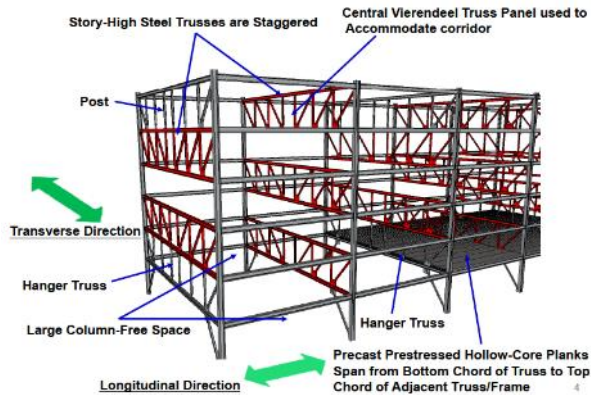


Gambar 2. 3 Tipe *Staggered Truss*. (a) *Pratt Truss* (b) *Vierendeel Truss* (Jijo John K, S. Pradee, 2015)

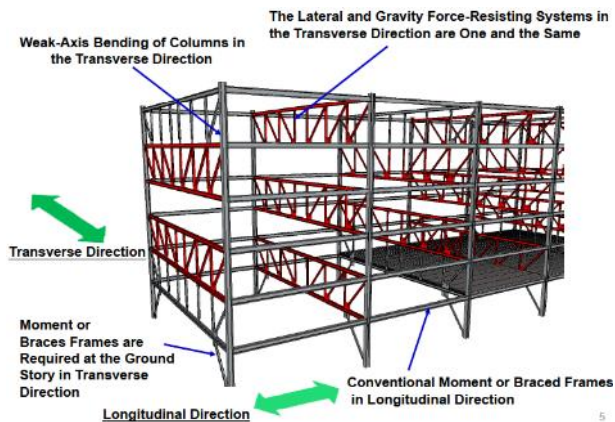
Sistem struktur *Staggered Truss* ini mentransferkan gaya lateral yang diterima dari lantai ke rangka. Satu keuntungan tambahan dari system rangka baja *Staggered Truss* ini adalah efisiensi yang tinggi untuk mencegah gaya yang disebabkan oleh angin dan gempa bumi. Kekakuan dari sistem ini memberikan kontrol yang dikehendaki terhadap angin dan gempa bumi. Selain itu sistem ini dapat memberikan kapasitas penyerapan energy yang signifikan dan deformasi yang ulet untuk perencanaan terhadap bangunan yang berada di daerah rawan gempa. Jika perencanaan ini dirancang secara tepat, maka sistem ini akan memberikan keuntungan baik dari segi ekonomi maupun arsitektur (Wexler dan Lin, 2001).

Pada lantai dasar dan lantai teratas di arah transversal bangunan yang tidak terdapat STF, diisi dengan *Hanger Truss* (*Vertical Truss*) yang berfungsi sebagai kolom. Lantai paling dasar merupakan ruang bebas kolom yang hanya dipikul *Braces Frames* biasa, STF hanya diberlakukan pada lantai 2 ke atas saja. Pada lantai dasar dan lantai paling atas bagian portal yang tidak terdapat STF dapat diisi dengan *Hanger Truss* yang dapat berfungsi sebagai kolom. Hal menarik yang perlu diperhatikan dari sistem ini adalah

sumbu lemah kolom berada di arah melintang bangunan (transversal) dan sumbu kuat kolom berada di arah memanjang bangunan (longitudinal). Penjelasan elemen-elemen penyusun STF secara kasar dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 4 Komponen Penyusun *Staggerred Truss Framing Systems* (Kim & Lee, 2006)



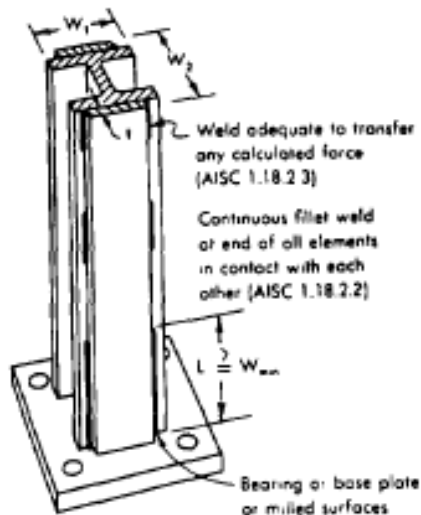
Gambar 2. 5 Komponen Penyusun *Staggerred Truss Framing Systems* (Kim & Lee, 2006)

### 2.4.2. Komponen Staggered Truss Framing Systems

Komponen STF terdiri atas kolom, truss, dan sistem lantai yang menjadi satu kesatuan yang sedemikian rupa sehingga membentuk suatu frame kaku yang membentuk pola berselingan antar portal.

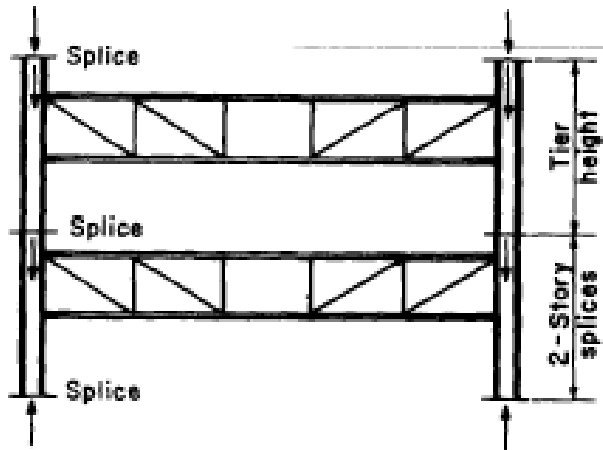
#### a) Kolom

Fungsi kolom pada *Staggered Truss* sama dengan fungsi kolom pada sistem struktur umumnya, yaitu untuk mendukung beban lateral dan beban gravitasi total pada arah transversal dan longitudinal dari sistem struktur. Beban lateral pada gedung menghasilkan beban langsung pada kolom sebagai hasil dari aksi sistem *double planar truss*. Beban gravitasi didistribusikan ke kolom dengan cara umum yang dilakukan yaitu berdasarkan perbandingan luas lantai, yang menerima sejumlah beban reduksi sesuai dengan peraturan yang ada. Beban gravitasi dipertimbangkan sebagai gaya aksial langsung yang bekerja pada kolom, akibat hubungan truss pada badan kolom.



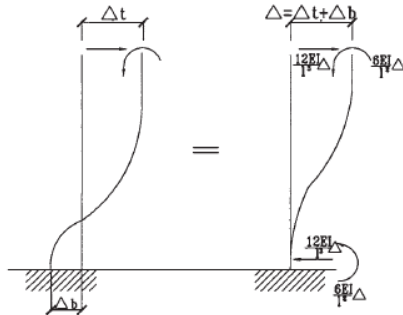
Gambar 2. 6 Elemen Kolom (Hassler, 1986)

Cara pemilihan penampang kolom sama dengan desain kolom baja (Segui, 2003) pada umumnya, yaitu berdasarkan pertimbangan beban aksial dan perilaku momen dalam arah longitudinal dan transversal dari gedung. Penelitian menunjukkan bahwa kolom bagian tengah menerima 90% beban aksial dan momen dari hubungan tepi atas truss. Selanjutnya, untuk desain, diasumsikan semua beban kolom bekerja pada hubungan tepi atas truss ke kolom.

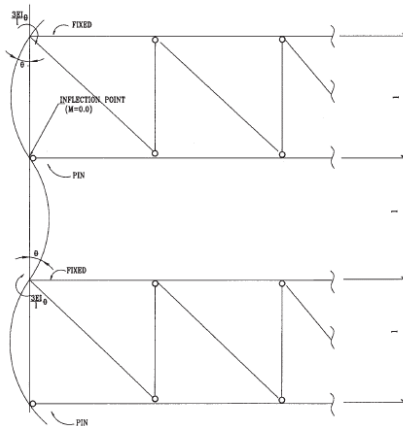


Gambar 2. 7 Beban Kolom Diasumsikan Berasal Dari Hubungan Tepi Atas Truss Dengan Kolom (Scalzi, 1971)

Deformasi kolom dan lendutan kebawah yang diakibatkan gaya gravitasi pada hubungan *truss*-kolom mengalami translasi dan rotasi. Diasumsikan momen inersia *truss* lebih besar daripada kolom, maka hanya bagian kolom yang mengalami deformasi.



Gambar 2. 8 Deformasi akibat beban. Tranlasi (Wexler & Lin, 2001)



Gambar 2. 9 Deformasi akibat beban.(b) Rotasi (Wexler & Lin, 2001)

#### b) Balok / Spandrel Beam

*Spandrel beam* merupakan bagian dari sistem pemikul momen dalam arah longitudinal gedung, yang desainnya berdasarkan beban lateral yang paling menentukan pada dua arah gedung. *Spandrel beam* juga merupakan bagian tak terpisahkan dari sistem rantai untuk membentuk diafragma, sering disebut sebagai balok tinggi (*deep beam*). Hubungan yang monolit antara

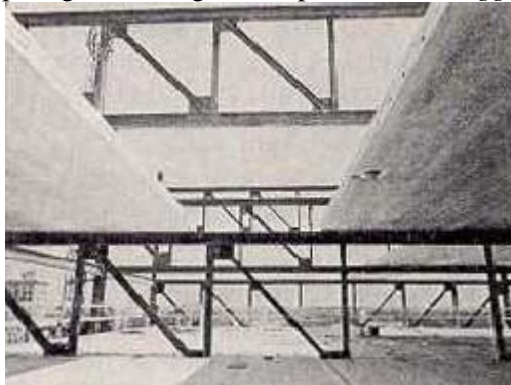
pelat lantai (*slab*) dan *spandrel* akan meningkatkan kekakuan lateral dari sistem lantai dan mengurangi tegangan pada daerah yang dianggap memiliki beban yang relatif besar.

c) Truss

Persyaratan umum untuk rangka batang tersusun setinggi tingkat (*the story-deep trusses*) adalah membentang dalam arah transversal dari dimensi gedung, menopang beban gravitasi secara langsung, dan menyediakan ketahanan yang cukup untuk beban lateral (Scalzi 1986).

*Truss* harus menyediakan suatu bukaan (opening) dekat pusat bentang untuk koridor dengan perbandingan lebar dan ketinggian yang cukup. Bagian tepi (atas dan bawah) atau *chord* dari *truss* seharusnya disesuaikan dengan lebar minimum sayap (flens), dengan tujuan untuk mendapatkan dinding dengan ketebalan minimum dan cukup untuk menyediakan dukungan bagi sistem lantai.

*Pratt truss* merupakan jenis diagonal *truss* yang paling efisien digunakan dalam *staggered truss system* jika dipadukan dengan *Vierendeel truss*. *Vierendeel truss* adalah desain *truss* dengan panel berlubang, juga merupakan pilihan pertama sebagai *truss* yang paling efisien digunakan pada sistem *staggered truss*.



Gambar 2. 10 *Pratt Truss* Pada STF (Del Savio et al, 2005)

Elemen ini dapat menerima 2 gaya yaitu tarik dan tekan, dimana kontrol untuk tarik dan tekan tidak sama. Berikut parameter yang harus dikontrol dari elemen truss

a. Kuat Nominal

i. Batang Tarik

$$P_{max} = R_y F_y A_g \quad (2.54)$$

ii. Batang Tekan

$$P_{max} = 1.1 R_y P_n \quad (2.55)$$

$$P_n = A_g F_{cr} \quad (2.56)$$

$$P_{residual} = 0.3 P_n \quad (2.57)$$

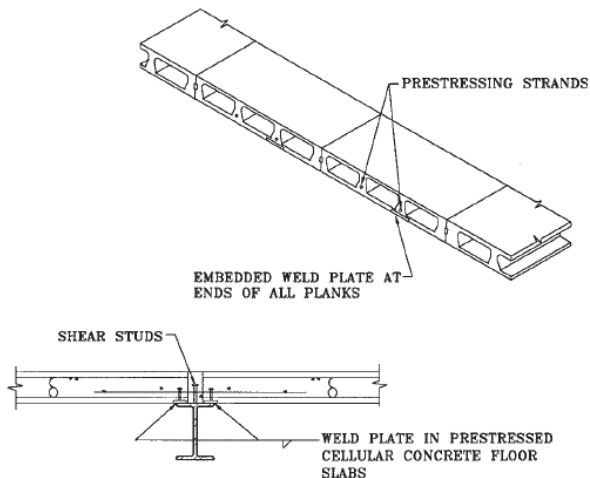
b. Kontrol Kelangsingan

$$\frac{KL}{r} \leq 4 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (2.58)$$

d) Sistem Lantai

Sistem lantai harus berfungsi sebagai diafragma geser yang menahan gaya lateral, sehingga sistem sambungan antara pelat harus bersifat *rigid* dan mampu menyalurkan gaya geser yang timbul. Sistem lantai yang digunakan untuk *staggered truss* umumnya adalah pelat pracetak prategang (*precast prestressed*) atau pelat pracetak beton berongga (*hollow-core precast concrete planks*) satu arah dengan penambahan *topping* yang dicetak dan dicor di tempat (*cast-in-place concrete topping*).





Gambar 2. 11 Sistem Lantai dengan Pelat Pracetak Beton Berongga (Wexler & Lin, 2001)

#### 2.4.3. Distribusi Beban Lateral

Distribusi beban lateral yang terjadi disalurkan melalui *truss*. Diafragma beton umumnya bersifat kaku sehingga seluruh gaya yang diterima dapat disalurkan pada rangkaian STF yang ada di atas dan di bawah diafragma beton tersebut. Analisis untuk fleksibel diafragma lebih rumit dari diafragma beton biasa. Karena itulah hampir seluruh objek gedung yang menerima beban angin dan wilayah berzona gempa rendah beralasan untuk diperhitungkan. Disarankan untuk perhitungan fleksibel diafragma menggunakan program bantu komputer mengingat cukup rumit dalam analisisnya.

Smith dan Coull (1991) di *AISC Code of Standard Practice Steel Buildings and Bridges* mengemukakan pendistribusian beban lateral pada truss diafragma seperti pada persamaan 2.51 berikut.

$$V_i = V_s + V_{TORS} \quad (2.59)$$

Dimana:

$V_i$  = gaya geser truss akibat gaya lateral

$V_s$  = komponen yang mengalami tranlasi akibat geser

$$V_s = \frac{V_w \times GA_i}{\sum GA_i} \quad (2.60)$$

$V_{TORS}$  = komponen yang mengalami torsi akibat geser

$$V_{TORS} = \frac{V_w \times e x_i GA_i}{\sum GA_i} \quad (2.61)$$

Dimana:

$GA_i$  = kekakuan geser truss

$\sum GA_i$  = translasi kekakuan geser bangunan

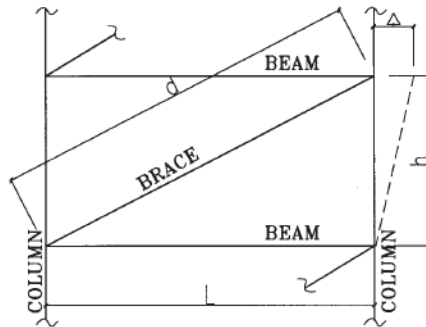
$e$  = eksentrisitas beban

$x_i$  = koordinat truss (berdasarkan *center of rigidity* (CR))

$V_w$  = gaya geser lantai akibat beban lateral

Smith dan Coull (1991) melengkapi pernyataan untuk deformasi geser lantai pada bracing tunggal dengan persamaan 2.54 berikut.

$$\Delta = \frac{V}{E} \left( \frac{d^3}{L^2 A_d} + \frac{L}{A_g} \right) \quad (2.62)$$



Gambar 2. 12 Deformasi Geser Lantai pada Bracing Tunggal  
(Wexler & Lin, 2001)

## 2.5. Sambungan

Sambungan merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari sebuah struktur baja. Sambungan berfungsi untuk menyalurkan gaya-gaya dalam (momen, lintang/geser, dan/atau aksial) antar komponen-komponen struktur yang disambung, sesuai dengan perilaku struktur yang direncanakan. Keandalan sebuah struktur baja untuk bekerja dengan mekanisme yang direncanakan sangat tergantung oleh keandalan sambungan.

Berdasarkan perilaku struktur yang direncanakan, sambungan dapat dibagi menjadi:

1. **Sambungan kaku** adalah sambungan yang memiliki kekakuan cukup untuk mempertahankan sudut-sudut di antara komponen-komponen struktur yang disambungkan. Hal ini disebabkan sambungan mampu memikul momen yang bekerja, sehingga deformasi titik kumpul tidak terlalu berpengaruh terhadap distribusi gaya dalam maupun terhadap deformasi keseluruhan struktur.
  2. **Sambungan semi-kaku** adalah sambungan yang tidak memiliki kekakuan yang cukup untuk mempertahankan sudut-sudut antara komponen struktur yang disambung. Akan tetapi memiliki kapasitas yang cukup untuk memberikan kekangan yang dapat diukur terhadap besarnya perubahan sudut-sudut tersebut.
  3. **Sambungan sederhana** adalah sambungan yang tidak memiliki kekakuan yang cukup untuk mempertahankan sudut-sudut di antara komponen struktur yang disambung. Ujung komponen struktur yang disambung dianggap tidak menahan kekangan sehingga dianggap bebas momen.
- Suatu sistem sambungan terdiri dari:
1. Komponen struktur yang disambung, dapat berupa balok, kolom, batang tarik, atau batang tekan.
  2. Alat penyambung, dapat berupa pengencang, baut biasa, baut mutu tinggi, dan paku keling, atau sambungan las seperti las tumpul, las sudut, dan las pengisi

3. Elemen penyambung, berupa pelat buhul atau pelat penyambung.

### 2.5.1. Kuat Rencana Sambungan Baut

Suatu sambungan baut yang memikul gaya terfaktor ( $R_u$ ), harus memenuhi persyaratan berikut.

$$R_u < \phi R_n \quad (2.65)$$

Nilai kuat nominal  $R_n$  ditentukan sesuai dengan mekanisme transfer gaya-gaya dalam yang harus dipikul sistem sambungan.

#### a) Baut dalam geser

Kuat geser rencana dari satu baut dihitung sebagai berikut :

$$V_d = \phi_f V_n = \phi_f r_1 f_u^b A_b \quad (2.66)$$

Dimana :

$r_1 = 0,5$  untuk baut tanpa ulir pada bidang geser

$r_1 = 0,4$  untuk baut dengan ulir pada bidang geser

$\phi_f = 0,75$  adalah faktor reduksi kekuatan untuk fraktur

$f_u^b$  = tegangan tarik putus baut

$A_b$  = luas bruto penampang baut pada daerah tak berulir

Kuat geser nominal baut yang mempunyai beberapa bidang geser (bidang geser majemuk) adalah jumlah kekuatan masing-masing yang dihitung untuk setiap bidang geser.

#### b) Baut yang memikul gaya tarik

Kuat tarik rencana satu baut dihitung sebagai berikut :

$$T_d = \phi_f 0.75 f_u^b A_b \quad (2.67)$$

Dimana :

$\phi_f = 0,75$  adalah faktor reduksi kekuatan untuk fraktur

$f_u^b$  = tegangan tarik putus baut

$A_b$  = luas bruto penampang baut pada daerah tak berulir

- c) Baut pada sambungan tipe tumpu yang memikul kombinasi geser dan tarik

Baut yang memikul gaya geser terfaktor ( $V_u$ ) dan gaya tarik terfaktor ( $T_u$ ) secara bersamaan harus memenuhi kedua persyaratan berikut ini :

$$f_{uv} = \frac{V_u}{nA_b} \leq r_1 \phi_f f_u^b m \quad (2.68)$$

$$T_d = \phi_f T_n = \phi_f f_t A_b \geq \frac{T_u}{n} \quad (2.69)$$

$$f_1 \leq f_1 - r_2 f_{uv} \leq f_2 \quad (2.70)$$

Dimana :

$\phi_f = 0,75$  adalah faktor reduksi kekuatan untuk fraktur

$n$  = jumlah baut

$m$  = jumlah bidang geser

Untuk baut mutu tinggi:

$f_1 = 807 \text{ MPa}$ ,  $2f = 621 \text{ MPa}$ ,

$r_2 = 1,9$  untuk baut dengan ulir pada bidang geser,

$r_2 = 1,5$  untuk baut tanpa ulir pada bidang geser,

Untuk baut mutu normal:

$f_1 = 410 \text{ MPa}$ ,  $2f = 310 \text{ MPa}$ ,

$r_2 = 1,9$

- d) Kuat Tumpu

Kuat tumpu rencana bergantung pada yang terlemah dari baut atau komponen plat yang disambung. Apabila jarak lubang tepi terdekat dengan sisi plat dalam arah kerja lebih besar daripada 1,5 kali diameter lubang, jarak antar lubang lebih besar daripada 3 kali diameter lubang, dan ada lebih dari satu baut dalam arah gaya, maka kuat rencana tumpu dapat dihitung sebagai berikut :

$$R_d = \phi_f R_n = 2,4 \phi_f d_b t_p f_u \quad (2.71)$$

Kuat tumpu yang didapat dari perhitungan di atas berlaku untuk semua jenis lubang baut. Sedangkan untuk lubang baut selot panjang tegak lurus arah kerja gaya berlaku persamaan sebagai berikut :

$$R_d = \phi_f R_n = 2,0 \phi_f d_b t_p f_u \quad (2.72)$$

Dimana :

$\phi_f = 0,75$  adalah faktor reduksi kekuatan untuk fraktur

$d_b$  = diameter baut nominal pada daerah tak berulir

$t_p$  = tebal plat

$f_u$  = tegangan tarik putus yang terendah dari baut atau plat

### 2.5.2. Tata Letak Baut

Tata letak baut sangat mempengaruhi kinerja sistem sambungan. Pengaturan ini dilakukan untuk mencegah kegagalan pada pelat dan untuk memudahkan pemasangan. Akan tetapi, disarankan agar jarak antar baut tidak terlalu besar untuk mencegah pemborosan bahan yang disambung serta mengurangi variasi tegangan di antara baut dan mencegah korosi.

#### a) Jarak tepi minimum

Jarak minimum dari pusat pengencang ke tepi pelat atau pelat sayap profil harus memenuhi spesifikasi :

- Tepi dipotong dengan tangan  $1,75 d_b$
- Tepi dipotong dengan mesin  $1,50 d_b$
- Tepi profil bukan hasil potongan  $1,25 d_b$

Dengan  $d_b$  adalah diameter nominal baut pada daerah tak berulir.

#### b) Jarak maksimum

Jarak antar baut ditentukan tidak boleh lebih besar dari  $15t_p$  (dengan  $t_p$  adalah tebal pelat lapis tertipis didalam sambungan) , atau 200 mm.

#### c) Jarak tepi maksimum

Jarak dari pusat tiap pengencang ke tepi terdekat suatu bagian yang berhubungan dengan tepi yang lain tidak boleh lebih dari 12 kali tebal pelat lapis luar tertipis dalam sambungan dan juga tidak boleh melebihi 150 mm.

d) Posisi sambungan

Adakalanya profil baja yang tersedia di lapangan tidak cukup panjang untuk membentuk satu batang dalam rangkaian struktur. Untuk itu, dilakukan penyambungan dari dua atau lebih profil baja yang ada. Untuk melakukan penyambungan sebaiknya ditempatkan sambungan pada posisi di mana gaya dalam struktur adalah yang terkecil di sepanjang profil yang akan di sambung.

### 2.5.3. Pertemuan Elemen Struktur pada Sambungan Baut

Komponen struktur yang menyalurkan gaya-gaya pada sambungan, sumbu netralnya harus direncanakan untuk bertemu pada suatu titik. Bila terdapat eksentrisitas pada sambungan, komponen struktur dan sambungannya harus dapat memikul momen yang diakibatkannya

## 2.6. Perhitungan Struktur Pondasi

Pondasi umumnya berlaku sebagai elemen struktur pendukung bangunan yang terbawah dan berfungsi sebagai elemen terakhir yang meneruskan beban ke tanah. Dalam perencanaan pondasi dipergunakan pondasi tiang pancang dengan data tanah yang digunakan untuk perencanaan daya dukung didapat dari hasil SPT (Standart Penetration Test). Hasil daya dukung yang menentukan yang dipakai sebagai daya dukung izin tiang. Perhitungan daya dukung dapat ditinjau dari dua keadaan, yaitu :

1. Daya dukung tiang pancang tunggal yang berdiri sendiri
2. Daya dukung tiang pancang dalam kelompok

### 2.6.1. Perencanaan Tiang Pancang

Perencanaan struktur tiang pondasi menggunakan pondasi tiang pancang. Data tanah yang digunakan berdasarkan hasil dari SPT. Secara umum daya dukung tiang yang berdiri sendiri dirumuskan sebagai berikut:

$$Q_{ult} = Q_e + Q_f - W \quad (2.73)$$

Dimana:

$Q_{ult}$  = Ultimate pile capacity

$Q_e$  = End- bearing capacity

$Q_f$  = Side friction capacity

W = Berat tiang

Pondasi tiang yang berdiri sendiri akan memikul sepenuhnya beban- beban yang bekerja padanya. Sedangkan untuk pondasi kelompok tiang tidak demikian halnya. Sehubungan dengan bidang keruntuhan di daerah ujung dari masing- masing tiang yang tergabung dalam kelompok tiang saling overlap, maka efisiensi dari daya dukung satu tiang akan menurun di dalam kelompok tiang.

Perumusan efisiensi kelompok yang dipakai dengan menggunakan persamaan conversi Labarre:

$$E_k = 1 - \theta \left[ \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn} \right] \quad (2.74)$$

Dimana:

m = Jumlah tiang dalam baris

n = Jumlah tiang dalam kolom

$\Theta$  = Arc tg D/s (dalam derajat)

D = Diameter tiang

s = jarak antara pusat ke pusat tiang

Perkiraan jumlah tiang pancang:

$$n = \frac{\Sigma P}{P_{ijin}} \quad (2.75)$$

Syarat:  $P_{max} < P_{ijin}$

$$P_{max} = \frac{\Sigma P}{n} + \frac{M_y \cdot x_{max}}{\Sigma x^2} + \frac{M_x \cdot y_{max}}{\Sigma y^2} > P_{ijin} \quad (2.76)$$

$$P_{min} = \frac{\Sigma P}{n} - \frac{M_y \cdot x_{max}}{\Sigma x^2} - \frac{M_x \cdot y_{max}}{\Sigma y^2} > 0 \quad (2.77)$$

Dimana:

n = Jumlah tiang pancang

$M_x$  = Momen yang bekerja pada arah X

$M_y$  = Momen yang bekerja pada arah Y

$X_{max}$  = Jarak terjauh as tiang pancang terhadap sumbu X



$Y_{\max}$  = Jarak terjauh as tiang pancang terhadap sumbu y

$\Sigma x^2$  = Jumlah kuadrat jarak as tiang terhadap sumbu X

$\Sigma y^2$  = Jumlah kuadrat jarak as tiang terhadap sumbu y

Untuk perhitungan jarak tiang ditentukan dengan persyaratan:

- Untuk jarak as ke as tiang pancang

$$2D < S < 2,5D \quad (2.78)$$

- Untuk jarak as tiang pancang ke tepi poer

$$1,5D < S_1 < 2D \quad (2.79)$$

### 2.6.2. Perencanaan Poer

#### 1. Kontrol tebal minimum poer

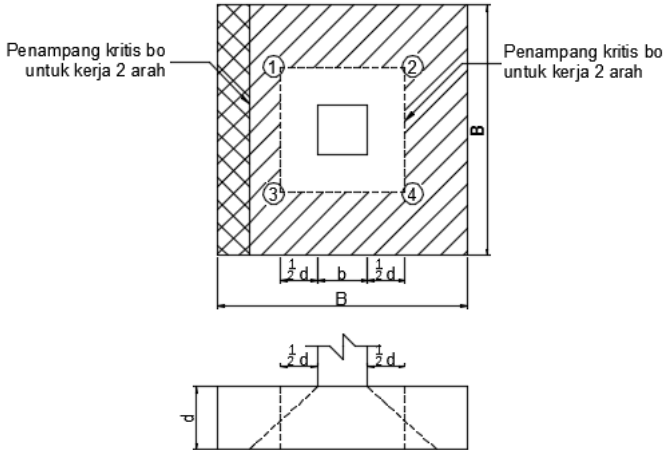
Menurut SNI 2847:2013 tebal pondasi tapak diatas tulangan bawah tidak boleh kurang dari 150 mm untuk pondasi diatas tanah, atau kurang dari 300 mm untuk pondasi tapak (*footing*) diatas tiang pondasi.

#### 2. Kontrol geser pons pada pile cap akibat beban kolom

Kekuatan geser pondasi di sekitar kolom atau dinding yang dipikulnya harus ditentukan menurut mana yang lebih menentukan dari 2 (dua) kondisi tinjauan, baik sebagai kerja balok lebar satu arah maupun sebagai kerja dua arah.

Dengan kerja balok lebar, pondasi dianggap sebagai balok lebar dengan penampang kritis pada lebar sepenuhnya. Biasanya kondisi ini jarang menentukan dalam desain. Kerja dua arah pada pondasi dimaksudkan untuk memeriksa kekuatan geser pons.

Penampang kritis untuk geser pons ini terletak pada sepanjang lintasan yang terletak sejauh  $\frac{1}{2} d$  dari muka kolom yang dipikul pondasi. Gambar 2.11 menjelaskan cara menentukan penampang kritis, baik pada asumsi kerja lebar balok maupun dua arah.



Gambar 2. 13 Kontrol Geser Pons Pada Poer Akibat Beban Kolom

### 2.6.3. Perencanaan penulangan lentur

Perencanaan tulangan lentur berdasarkan momen ultimate yang terjadi akibat tiang pancang terhadap muka kolom dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right) \quad (2.81)$$

$$As = \rho \cdot b \cdot s \quad (2.82)$$

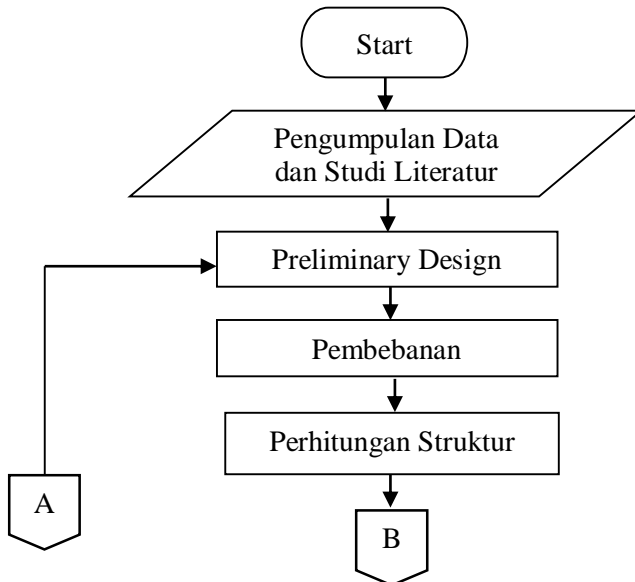
## BAB III METODOLOGI

### 3.1. Umum

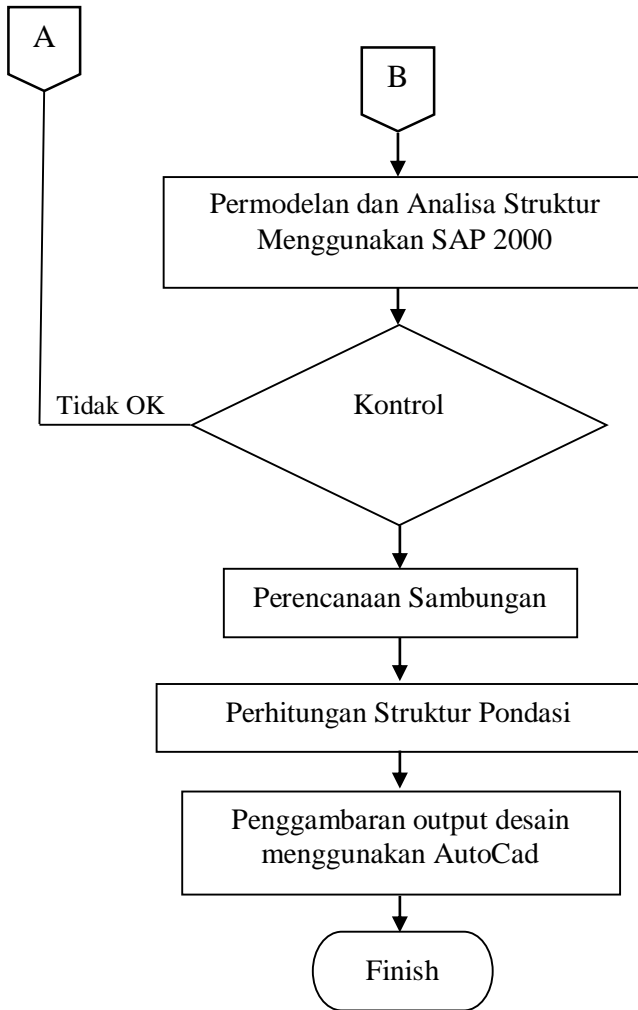
Pada metodologi akan dijelaskan tahap pengerjaan tugas akhir ini secara terperinci. Penulis akan merencanakan struktur Gedung 9 Lantai Universitas Muhammadiyah Gresik. Gedung ini yang terletak di Jl. Sumatra 101 GKB, kabupaten Gresik dimana strukturnya memakai beton bertulang konvensional dengan menggunakan sistem rangka pemikul momen sebagai perhitungan strukturnya, lalu dimodifikasi strukturnya memakai material baja. Metode yang digunakan dalam perhitungannya menggunakan *Staggered Truss Framing Systems*.

### 3.2. Diagram Alir

Berikut adalah Gambar 3.1 dan Gambar 3.2 yang menjelaskan langkah-langkah pengerjaan tugas akhir ini.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir



Gambar 3. 2 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

### 3.3. Pengumpulan Data dan Studi Literatur

#### 3.3.1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk menunjang penyusunan studi Tugas Akhir ini. Diantaranya adalah Data Umum Bangunan dan Data Tanah.

##### 1) Data Umum Bangunan Sebelum dimodifikasi

Nama Gedung : Gedung 9 Lantai Universitas Muhammadiyah Gresik

Lokasi : Jl. Sumatra 101 GKB, Gresik

Fungsi : Gedung Fasilitas Pendidikan

Jumlah tingkat : 9 tingkat (termasuk lantai dasar)

Tinggi gedung : 31,2 m

Struktur utama : Struktur beton bertulang

Struktur atap : Rangka atap baja

Struktur bangunan bawah : Pondasi tiang pancang

##### 2) Data Umum Bangunan Setelah dimodifikasi

Nama gedung : Gedung 9 Lantai Universitas Muhammadiyah Gresik

Lokasi : Jl. Sumatra 101 GKB, Gresik

Fungsi : Gedung Fasilitas Pendidikan

Jumlah tingkat : 11 tingkat (termasuk penambahan ruang)

Tinggi gedung : 35,1 m

Struktur utama : Struktur baja

Struktur bangunan bawah: Pondasi tiang pancang

Sistem Struktur :

Arah y : *Staggered Truss Framing Systems (STF)*

Arah x : *Moment Resisting Frame (MRF)*

##### 3) Data gambar

Data gambar yang digunakan adalah gambar arsitektur (terlampir).

##### 4) Data tanah

Data tanah yang digunakan berupa SPT. Data ini digunakan untuk mengetahui jenis tanah di lokasi studi dimana

nantinya akan menjadi faktor pengaruh gempa terhadap bangunan yang ditinjau. Data pengujian tanah terlampir.

### **3.3.2. Studi Literatur**

Literatur yang digunakan untuk mengerjakan tugas akhir ini diantaranya adalah sebagai berikut:

- 1) *AISC-T-DG14-Staggered Truss Framing System*
- 2) Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural (SNI 1729:2015),
- 3) Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2012),
- 4) Departemen Pekerjaan Umum Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung (PPIUG 1983),
- 5) Buku Struktur Baja 1 (Marwan Ibrahim dan Isdarmanu)
- 6) Buku Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (Agus Setiawan)
- 7) Jurnal-jurnal yang berkaitan dengan *Staggered Truss Framing System*

## **3.4. Preliminary Design**

Melakukan perkiraan dimensi awal dari elemen-elemen struktur, penentuan mutu bahan dan material struktur dan merencanakan dimensi profil yang akan digunakan.

### **3.4.1. Perencanaan Struktur Sekunder**

Melakukan perkiraan dimensi awal dari elemen struktur, penentuan mutu bahan dan material struktur dan merencanakan dimensi profil yang akan digunakan yang meliputi :

- 1) plat lantai
- 2) tangga
- 3) balok penumpu lift

### 3.4.2. Perencanaan Struktur Utama

Melakukan perkiraan dimensi awal dari elemen struktur, penentuan mutu bahan dan material struktur dan merencanakan dimensi profil yang akan digunakan yang meliputi :

- 1) Dimensi kolom
- 2) Dimensi balok
- 3) Dimensi *truss*

### 3.5. Pembebanan

Pembebanan pada struktur ini menggunakan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (1983) untuk pembebanannya dan SNI 1726:2012 : Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung; untuk peraturan pembebanan gempanya. Dimana beban-beban tersebut nantinya akan diimplementasikan pada pemodelan gedung apartemen dengan menggunakan program bantu analisis struktur. Dari hasil analisis struktur tersebut akan diperoleh gaya-gaya dalam yang dipikul dari tiap-tiap elemen struktur, apakah dapat memikul beban-beban yang bekerja atau tidak. Bila elemen struktur tidak kuat memikul beban yang bekerja, maka perlu dilakukan perubahan dimensi elemen, jika kuat maka lanjut pada pengontrolan elemen struktur.

#### 3.5.1. Beban Mati

Beban mati adalah berat dari semua bagian gedung yang bersifat tetap (permanen). Berat mati akibat berat sendiri dari bahan bangunan yang diterima struktur gedung (PPIUG 1983) yaitu:

- Baja : 7850 kg/m<sup>3</sup>
- Dinding pasangan bata ringan : 750 kg/m<sup>3</sup>
- Plafond : 11 kg/m<sup>2</sup>
- Penggantung Plafond : 7 kg/m<sup>2</sup>
- Berat Volume AC dan pemipaan : 25 kg/m<sup>2</sup>
- Penutup Lantai : 24 kg/m<sup>2</sup>

### 3.5.2. Beban Hidup

Beban hidup terjadi akibat beban yang bergerak atau bersifat sementara baik di atap maupun lantai gedung. Beban hidup yang diterima gedung (PPIUG 1983) diantaranya:

- Beban hidup pada atap : 100 kg/m<sup>2</sup>
- Beban hidup pada lantai : 250 kg/m<sup>2</sup> (fungsi bangunan fasilitas pendidikan)

### 3.5.3. Beban Angin

Beban angin adalah beban yang terjadi akibat tekanan angin baik dari atap maupun sisi dinding gedung, dimana nilainya bisa positif (tekan) atau negatif (hisap). Beban ditentukan dengan mengalikan tekanan tiup yang ditentukan pada PPIUG pasal 4.2 dan koefisiennya dari pasal 4.3.

### 3.5.4. Beban Gempa

Untuk peraturan gempa mengacu pada SNI 1726-2012. Berikut parameter-parameter yang perlu diperhatikan.

- 1) Mengklasifikasi Kategori Resiko Struktur Bangunan

Pengklasifikasian berdasarkan Kategori Resiko Bangunan (KRB) dapat dilihat pada tabel 3.1 berikut.

Tabel 3. 1 Kategori Resiko Bangunan

Kategori Resiko	Deskripsi	Faktor Keutamaan (I)
IV	Fasilitas Penting (Rumah sakit, kantor polisi dan pemadam kebakaran, emergency shelters, dll) Bangunan yang mengandung bahan yang sangat beracun.	1.5
III	Bangunan yang memiliki resiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan	1.25



	(gedung dengan >300 orang, fasilitas day care dengan kapasitas >150 orang, sekolah dengan kapasitas >250 orang, dll)	
II	Bangunan lainnya yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan (fasilitas pertanian, gudang sementara)	1.0
I	Gedung dan struktur lainnya yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan (fasilitas pertanian, gudang, sementara)	1.0

*Sumber: SNI 1726:2012 Tabel 1 & 2*

## 2) Definisi Kelas Situs

Kelas situs ditetapkan sesuai SNI 1726:2012 tertulis sebagai berikut.

Tabel 3. 2 Klasifikasi Situs

Kelas situs	$\bar{v}_s$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{ch}$	$\bar{s}_u$ (kPa)
SA (batuan keras)	> 1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	$\geq 100$
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ , 2. Kadar air, $w \geq 40$ persen, dan Kuat geser niralis $\bar{s}_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti Pasal 6.9.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$ ) Lapisan lempung lunak/setengah tegu dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $s_u < 50$ kPa		

Catatan: N/A = tidak dapat dipakai

Sumber: SNI 1726:2012 Tabel 3

Dengan data SPT test maka persamaan yang digunakan untuk menentukan jenis tanah adalah sebagai berikut:

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n di}{\sum_{i=1}^n \frac{di}{N_i}} \quad (3.1)$$

Dimana :

$D_i$  = Kedalaman lapisan tanah uji

$N_i$  = Nilai SPT

$\sum_{i=1}^n di = 30$  meter atau lebih

### 3) Koefisien Situs dan Parameter Respon Spektra

Koefisien-koefisien situs dan paramater-parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget ( $MCE_R$ )

Untuk penentuan respon spektral percepatan gempa  $MCE_R$  di permukaan tanah diperlukan faktor amplifikasi seismik pada perioda 0.2 detik ( $F_a$ ) untuk perioda pendek dan perioda 1 detik ( $F_v$ ). Penentuan parameter spektrum respons percepatan ditulis pada persamaan berikut.

$$S_{MS} = F_a S_S \quad (3.2)$$

$$S_{MI} = F_v S_I \quad (3.3)$$

Dimana:

$S_{MS}$  = parameter respon percepatan pada perioda pendek

$S_{MI}$  = parameter respon percepatan pada perioda 1 detik

$S_S$  = parameter respons spektral percepatan gempa  $MCE_R$  terpetakan untuk perioda pendek

$S_I$  = parameter respons spektral percepatan gempa  $MCE_R$  terpetakan untuk perioda 1,0 detik

Koefisien situ  $F_a$  dan  $F_v$  dapat diperoleh dari Tabel 3.3 dan Tabel 3.4.

Tabel 3.3 Koefisien Situs,  $F_a$

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa $MCE_R$ terpetakan pada perioda pendek, $T=0,2$ detik, $S_s$				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS <sup>b</sup>				

CATATAN :

(a) Untuk nilai-nilai antara  $S_s$  dapat dilakukan interpolasi linier

(b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat Pasal 6.9.1

Sumber: SNI 1726:2012 Tabel 4

### Parameter respons spektral percepatan gempa

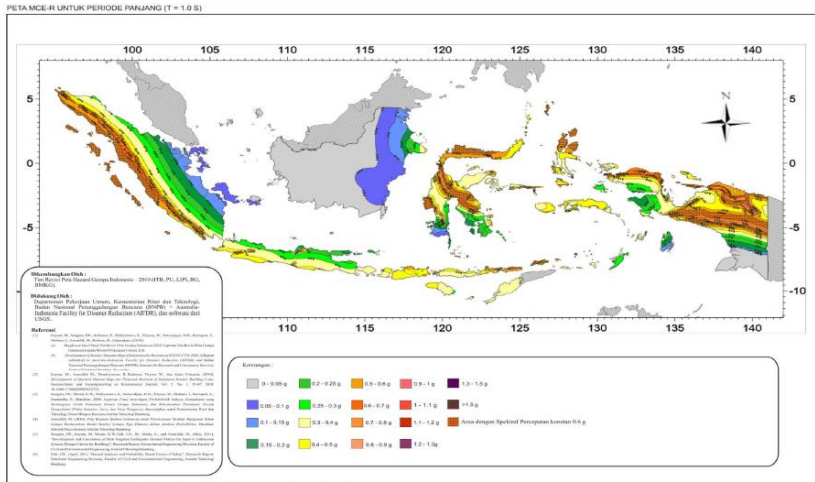
**CATATAN :**

- (a) Untuk nilai-nilai antara  $S_1$  dapat dilakukan interpolasi linier
- (b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik  
lihat **Pasal 6.9.1**

PETA MCE-R UNTUK PERIODE PENDEK ( $T = 0.2$  S)



Gambar 3.3 Peta Respon Spektra Percepatan 0.2 Detik ( $S_s$ ) Di Batuan Dasar ( $S_B$ )



Gambar 3.4 Peta Respon Spektra Percepatan 1 Detik ( $S_1$ ) Di Batuan Dasar ( $S_B$ )

#### 4) Parameter Percepatan Spektral Desain

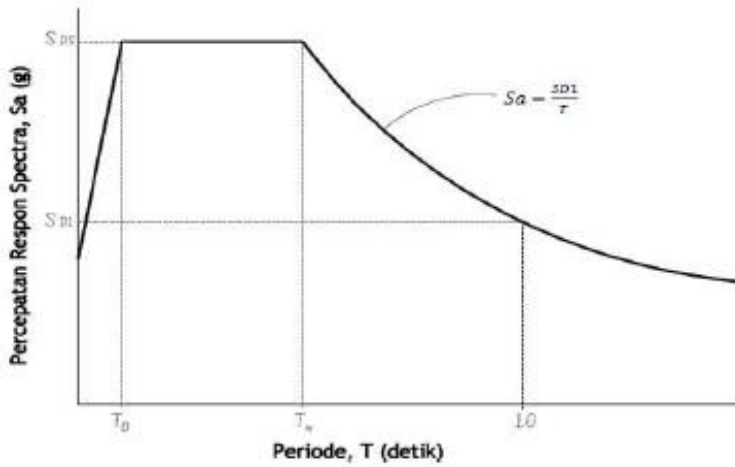
Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek,  $S_{DS}$  dan pada periode 1 detik,  $S_{D1}$ , harus ditentukan melalui persamaan berikut:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (3.4)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (3.5)$$

## 5) Respon Spektrum Desain

Bila spektrum respons desain diperlukan oleh tata cara ini dan prosedur gerak tanah dari spesifik-situs tidak digunakan, maka kurva spektrum respons desain harus dikembangkan dengan mengacu pada gambar 3.5 dengan ketentuan:



Gambar 3.5 Spektrum Respon Desain (SNI 1726:2012 gambar 1)

$$T_0 = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3.6)$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3.7)$$

Untuk  $T < T_0$

$$S_a = S_{DS} \left( 0.4 + 0.6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (3.8)$$

Untuk  $T_0 \leq T \leq T_s$

$$S_a = S_{DS} \quad (3.9)$$

Untuk  $T > T_s$

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (3.10)$$

Dimana:

$S_a$  = spektrum respon percepatan desain

$S_{DS}$  = parameter respons spektral percepatan desain pada periode pendek;

$S_{D1}$  = parameter respons spektral percepatan desain pada periode 1 detik;

$T$  = periode getar fundamental struktur.

#### 6) Kategori Desain Seismik

Kategori Desain Seismik dievaluasi berdasarkan Tabel 3.5 untuk nilai  $S_{DS}$  dan Tabel 3.6 untuk nilai  $S_{D1}$  kemudian diambil yang paling berat dari kedua tabel tersebut.

Tabel 3.5 Kategori Desain Seismik (KDS) berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek

Nilai $S_{DS}$	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Sumber: SNI 1726:2012 Tabel 6

Tabel 3.6 Kategori Desain Seismik (KDS) berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik

Nilai $S_{D1}$	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

Sumber: SNI 1726:2012 Tabel 7

#### 3.5.5. Kombinasi Pembebanan

Berdasarkan beban-beban tersebut di atas maka struktur baja harus mampu memikul semua kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 1729:2002 pasal 6.2.2, yaitu:

1.4 D

1.2 D + 1.6 L + 0.5 ( $L_0$  atau H)

$$1.2 D + 1.6(L_0 \text{ atau } H) + 1.6 W + 0.5 (\gamma_L L \text{ atau } 0.8 W)$$

$$1.2 D + 1.3 W + \gamma_L L + 0.5 (L_0 \text{ atau } H)$$

$$1.2 D \pm 1.0 E + \gamma_L L$$

$$0.9 D \pm (1.3 W \text{ atau } 1.0 E)$$

Dimana :

D = Beban mati

L = Beban hidup

$L_0$  = Beban hidup atap

H = Beban hujan

W = Beban angin

E = Pengaruh beban gempa

Dengan,  $\gamma_L = 0.5$  bila  $L < 5$  Kpa dan  $\gamma_L = 1$  bila  $L \geq 5$  Kpa

### 3.6. Permodelan Struktur

Melakukan permodelan struktur menggunakan program SAP 2000 yang direncanakan sebagai struktur ruang 3 dimensi.

### 3.7. Kontrol Perencanaan Struktur Utama

Melakukan kontrol kemampuan struktur utama dari perencanaan yang sudah dilakukan.

#### 3.7.1. Kontrol Desain

Analisa struktur terhadap beban gempa dikontrol berdasarkan SNI 1726 : 2012.

##### 1) Kontrol Partisipasi Massa

Partisipasi massa harus menyertakan jumlah ragam terkombinasi minimal 90% dari massa actual yang berasal dari masing-masing arah horizontal orthogonal yang ditinjau.

##### 2) Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental

Untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental (T) dari struktur gedung harus dibatasi dengan perumusan

$$T = Ct \cdot hn^x \quad (3.11)$$

Dimana :



$C_t$  &  $x$  = ditentukan dari tabel 15 SNI 1726 : 2012

$h_n$  = Tinggi gedung

### 3) Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum

Kombinasi respon untuk gaya geser dasar ragam dinamik ( $V_t$ ) harus lebih besar 85% dari gaya geser dasar static ( $V$ ) atau ( $V_{\text{dinamik}} \geq V_{\text{statik}}$ ).

### 4) Kontrol Simpangan (Drift)

Gempa menyebabkan struktur bertingkat rawan terhadap terjadinya simpangan (*drift*). Dan apabila simpangan ini melebihi syarat aman yang telah ditentukan maka gedung akan mengalami keruntuhan.

## 3.7.2. Kontrol Perhitungan Elemen Struktur Primer

Elemen-elemen struktur tidak luput dari tekuk terhadap tekuk baik lokal maupun lateral maka perlu dikontrol sesuai dengan SNI 1729:2002 Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung. Elemen-elemen yang perlu dikontrol yaitu:

#### 1) Kolom

Kolom adalah bagian struktur yang menerima beban aksial tekan sejajar ( $//$ ) sumbu batang. Parameter yang harus dikontrol dari elemen ini harus memenuhi syarat dari poin-poin sub-bab 2.2.1, yaitu Kontrol Kelangsingan Penampang, Kekakuan Kolom, dan Kuat Rencana Kolom.

#### 2) Balok

Balok adalah bagian dari struktur bangunan yang menerima beban tegak lurus ( $\perp$ ) sumbu memanjang batang (Isdarmanu, 2006). Elemen ini harus mampu memikul momen serta beberapa parameter lain yang harus dikontrol harus memenuhi poin-poin dari Sub-bab 2.2.2 yaitu, Kontrol Tekuk Lokal (*Local Buckling*), Kontrol Tekuk Lateral (*Lateral Buckling*), Kontrol Kuat Geser, Kontrol Lendutan.

#### 3) Truss

Truss adalah elemen rangka diagonal yang menghubungkan ujung kolom dengan ujung balok. Elemen ini dapat menerima 2

gaya yaitu tarik dan tekan, dimana kontrol untuk tarik dan tekan tidak sama. Parameter yang harus dikontrol dari elemen truss harus memenuhi poin-poin dari sub-bab 2.4.2.3 yaitu, Kuat Nominal dan Kontrol Kelangsingan.

### **3.8. Perencanaan Sambungan**

Dalam perencanaan sambungan harus disesuaikan dengan bentuk struktur agar perilaku yang timbul nantinya tidak menimbulkan pengaruh-pengaruh yang buruk bagi bagian struktur lain yang direncanakan. Perencanaan sambungan harus memenuhi poin-poin dari sub-bab 2.5 yaitu Kuat Rencana Sambungan dan Tata Letak Baut.

### **3.9. Perencanaan Struktur Pondasi**

Melakukan perhitungan elemen struktur pondasi dengan data-data yang telah tersedia berupa data tanah dan data tiang pancang beserta kekuatannya. Dalam perencanaan struktur pondasi dapat dilakukan sesuai rumus-rumus pada sub-bab 2.6

### **3.10. Penggambaran Output Desain**

Menggambar hasil modifikasi perencanaan struktur menggunakan program Auto CAD.

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Perencanaan Struktur Sekunder

Pada perencanaan struktur sekunder ini, dimensi dan struktur dibuat tipikal untuk mempermudah perhitungan.

#### 4.1.1. Perencanaan Pelat Lantai

Sistem lantai yang digunakan untuk *staggered truss* umumnya adalah pelat pracetak prategang (*precast prestressed*) atau pelat pracetak beton berongga (*hollow-core precast concrete planks*) satu arah dengan penambahan *topping* yang dicetak dan dicor di tempat (*cast-in-place concrete topping*). Dalam perencanaannya menggunakan bantuan tabel perencanaan praktis dari PT. BETON ELEMENINDO PERKASA.

##### 4.3.1.1. Pelat Atap

Beban Mati (PPIUG 1983)

- Topping	= 5 x 14	= 70,0 kg/m <sup>2</sup>
- Plesteran	= 1 x 21	= 21,0 kg/m <sup>2</sup>
- Aspal	= 14	= 14,0 kg/m <sup>2</sup>
- Plafond+penggantung	= 11 + 7	= 18,0 kg/m <sup>2</sup>
- Ducting dan plumbing	= 30	= 30,0 kg/m <sup>2</sup> +
		$qD = 153,0 \text{ kg/m}^2$

Beban Hidup (Tabel 4.1 SNI 1727:2013)

$$qL = 0,96 \text{ kN/m}^2 = 97,892 \text{ kg/m}^2$$

Beban Merata Ultimate

$$qU = qD + qL = 153,0 + 97,89 = 250,89 \text{ kg/m}^2$$

Maka berdasarkan tabel perencanaan praktis didapatkan data-data sebagai berikut :

$$\text{Bentang} = 4 \text{ m}$$

$$\text{Kapasitas beban} = 831,7 \text{ kg/m}^2 > 250,89 \text{ kg/m}^2 \text{ Ok!}$$

Type :

Tebal pelat	= 120 mm
Diameter PC-Wire	= 0.5 mm
Jumlah PC-Wire	= 12

#### 4.3.1.2. Pelat Lantai (Hall, Prafungsi, Lobbi, Kantin)

Beban Mati (PPIUG 1983)

- Topping	= 5 x 14	= 70,0 kg/m <sup>2</sup>
- Plesteran	= 2 x 21	= 42,0 kg/m <sup>2</sup>
- Keramik	= 1 x 24	= 24,0 kg/m <sup>2</sup>
- Plafond+penggantung	= 11 + 7	= 18,0 kg/m <sup>2</sup>
- Ducting dan plumbing	= 30	= 30,0 kg/m <sup>2</sup> +
	<b>qD</b>	<b>= 184,0 kg/m<sup>2</sup></b>

Beban Hidup (Tabel 4.1 SNI 1727:2013)

$$qL = 4,79 \text{ kN/m}^2 = 488,44 \text{ kg/m}^2$$

Beban Merata Ultimate

$$qU = qD + qL = 184,0 + 488,44 = 672,44 \text{ kg/m}^2$$

Maka berdasarkan tabel perencanaan praktis didapatkan data-data sebagai berikut :

Bentang = 4 m

Kapasitas beban = 831,7 kg/m<sup>2</sup> > 672,44 kg/m<sup>2</sup> **Ok!**

Type :

Tebal pelat = 120 mm

Diameter PC-Wire = 0.5 mm

Jumlah PC-Wire = 12

#### 4.3.1.3. Pelat Lantai (Ruang kelas, Living room, Lounge room)

Beban Mati (PPIUG 1983)

- Topping	= 5 x 14	= 70,0 kg/m <sup>2</sup>
- Plesteran	= 2 x 21	= 42,0 kg/m <sup>2</sup>
- Keramik	= 1 x 24	= 24,0 kg/m <sup>2</sup>
- Plafond+penggantung	= 11 + 7	= 18,0 kg/m <sup>2</sup>
- Ducting dan plumbing	= 30	= 30,0 kg/m <sup>2</sup> +
	<b>qD</b>	<b>= 184,0 kg/m<sup>2</sup></b>

Beban Hidup (Tabel 4.1 SNI 1727:2013)

$$qL = 1,92 \text{ kN/m}^2 = 195.78 \text{ kg/m}^2$$

Beban Merata Ultimate

$$qU = qD + qL = 184,0 + 195.78 = 379.78 \text{ kg/m}^2$$

Maka berdasarkan tabel perencanaan praktis didapatkan data-data sebagai berikut :

Bentang = 4 m

Kapasitas beban =  $831,7 \text{ kg/m}^2 > 379.78 \text{ kg/m}^2$  **Ok!**

Type :

Tebal pelat = 120 mm

Diameter PC-Wire = 0.5 mm

Jumlah PC-Wire = 12

#### 4.3.1.4. Pelat Lantai (Ruang perkantoran)

Beban Mati (PPIUG 1983)

- Topping	= 5 x 14	= 70,0 kg/m <sup>2</sup>
- Plesteran	= 2 x 21	= 42,0 kg/m <sup>2</sup>
- Keramik	= 1 x 24	= 24,0 kg/m <sup>2</sup>
- Plafond+penggantung	= 11 + 7	= 18,0 kg/m <sup>2</sup>
- Ducting dan plumbing	= 30	= 30,0 kg/m <sup>2</sup> +
	qD	= 184,0 kg/m <sup>2</sup>

Beban Hidup (Tabel 4.1 SNI 1727:2013)

$$qL = 2,4 \text{ kN/m}^2 = 244,73 \text{ kg/m}^2$$

Beban Merata Ultimate

$$qU = qD + qL = 184,0 + 244,73 = 428.73 \text{ kg/m}^2$$

Maka berdasarkan tabel perencanaan praktis didapatkan data-data sebagai berikut :

Bentang = 4 m

Kapasitas beban =  $831,7 \text{ kg/m}^2 > 428.73 \text{ kg/m}^2$  **Ok!**

Type :

Tebal pelat = 120 mm

Diameter PC-Wire = 0.5 mm

Jumlah PC-Wire = 12

#### 4.3.1.5. Pelat Lantai (Mini market)

Beban Mati (PPIUG 1983)

- Topping	= 5 x 14	= 70,0 kg/m <sup>2</sup>
- Plesteran	= 2 x 21	= 42,0 kg/m <sup>2</sup>
- Keramik	= 1 x 24	= 24,0 kg/m <sup>2</sup>
- Plafond+penggantung	= 11 + 7	= 18,0 kg/m <sup>2</sup>
- Ducting dan plumbing	= 30	= 30,0 kg/m <sup>2</sup> +
<b>qD</b>		<b>= 184,0 kg/m<sup>2</sup></b>

Beban Hidup (Tabel 4.1 SNI 1727:2013)

$$qL = 3,59 \text{ kN/m}^2 = 366.08 \text{ kg/m}^2$$

Beban Merata Ultimate

$$qU = qD + qL = 184,0 + 366.08 = 550.08 \text{ kg/m}^2$$

Maka berdasarkan tabel perencanaan praktis didapatkan data-data sebagai berikut :

Bentang = 4 m

Kapasitas beban = 831,7 kg/m<sup>2</sup> > 550.08 kg/m<sup>2</sup> **Ok!**

Type :

Tebal pelat	= 120 mm
Diameter PC-Wire	= 0.5 mm
Jumlah PC-Wire	= 12

#### 4.3.1.6. Pelat Lantai (Perpustakaan)

Beban Mati (PPIUG 1983)

- Topping	= 5 x 14	= 70,0 kg/m <sup>2</sup>
- Plesteran	= 2 x 21	= 42,0 kg/m <sup>2</sup>
- Keramik	= 1 x 24	= 24,0 kg/m <sup>2</sup>
- Plafond+penggantung	= 11 + 7	= 18,0 kg/m <sup>2</sup>
- Ducting dan plumbing	= 30	= 30,0 kg/m <sup>2</sup> +
<b>qD</b>		<b>= 184,0 kg/m<sup>2</sup></b>

Beban Hidup (Tabel 4.1 SNI 1727:2013)

$$qL = 7,18 \text{ kN/m}^2 = 732.15 \text{ kg/m}^2$$

Beban Merata Ultimate

$$qU = qD + qL = 184,0 + 732.15 = 916.15 \text{ kg/m}^2$$

Maka berdasarkan tabel perencanaan praktis didapatkan data-data sebagai berikut :

Bentang = 4 m

Kapasitas beban =  $999,10 \text{ kg/m}^2 > 916.15 \text{ kg/m}^2$  **Ok!**

Type :

Tebal pelat = 120 mm

Diameter PC-Wire = 0.5 mm

Jumlah PC-Wire = 14

#### 4.3.1.7. Pelat Lantai (Ruang baca)

Beban Mati (PPIUG 1983)

- Topping	= 5 x 14	= 70,0 kg/m <sup>2</sup>
- Plesteran	= 2 x 21	= 42,0 kg/m <sup>2</sup>
- Keramik	= 1 x 24	= 24,0 kg/m <sup>2</sup>
- Plafond+penggantung	= 11 + 7	= 18,0 kg/m <sup>2</sup>
- Ducting dan plumbing	= 30	= 30,0 kg/m <sup>2</sup> +
	qD	= 184,0 kg/m <sup>2</sup>

Beban Hidup (Tabel 4.1 SNI 1727:2013)

$$qL = 2,87 \text{ kN/m}^2 = 292.66 \text{ kg/m}^2$$

Beban Merata Ultimate

$$qU = qD + qL = 184,0 + 292.66 = 476.66 \text{ kg/m}^2$$

Maka berdasarkan tabel perencanaan praktis didapatkan data-data sebagai berikut :

Bentang = 4 m

Kapasitas beban =  $831,7 \text{ kg/m}^2 > 476.66 \text{ kg/m}^2$  **Ok!**

Type :

Tebal pelat = 120 mm

Diameter PC-Wire = 0.5 mm

Jumlah PC-Wire = 12

#### 4.3.1.8. Pelat Lantai (Koridoor)

Beban Mati (PPIUG 1983)

- Topping	= 5 x 14	= 70,0 kg/m <sup>2</sup>
- Plesteran	= 2 x 21	= 42,0 kg/m <sup>2</sup>
- Keramik	= 1 x 24	= 24,0 kg/m <sup>2</sup>
- Plafond+penggantung	= 11 + 7	= 18,0 kg/m <sup>2</sup>
- Ducting dan plumbing	= 30	= 30,0 kg/m <sup>2</sup> +
	<b>qD</b>	<b>= 184,0 kg/m<sup>2</sup></b>

Beban Hidup (Tabel 4.1 SNI 1727:2013)

$$qL = 3,83 \text{ kN/m}^2 = 390.55 \text{ kg/m}^2$$

Beban Merata Ultimate

$$qU = qD + qL = 184,0 + 390.55 = 574.55 \text{ kg/m}^2$$

Maka berdasarkan tabel perencanaan praktis didapatkan data-data sebagai berikut :

Bentang = 4 m

Kapasitas beban = 831,7 kg/m<sup>2</sup> > 574.55 kg/m<sup>2</sup> **Ok!**

Type :

Tebal pelat	= 120 mm
Diameter PC-Wire	= 0.5 mm
Jumlah PC-Wire	= 12

#### 4.1.2. Perencanaan Tangga

Pada gedung ini struktur tangga direncanakan sebagai tangga darurat dengan menggunakan konstruksi dari baja. Berikut adalah data untuk perencanaan struktur tangga :

- Tinggi antar lantai = 385 cm
- Lebar pegangan tangga = 20 cm
- Lebar tangga = 190 cm
- Panjang bordes = (20x2) + 190 = 400 cm
- Tinggi bordes = 385/2 = 192,5 cm
- Lebar injakan (i) = 30 cm (direncanakan)
- Tinggi injakan (t) = 17 cm (direncanakan)
- Lebar bordes = 135 cm



#### 4.1.2.1. Perencanaan Jumlah Anak Tangga

Persyaratan-persyaratan jumlah injakan tangga

$$60 \text{ cm} \leq (2t + i) \leq 65 \text{ cm}$$

$$250 < a < 400$$

Dimana :

t = tinggi injakan (cm)

i = lebar injakan (cm)

a = kemiringan tangga

$$60 \text{ cm} \leq (2t + i) \leq 65 \text{ cm}$$

$$60 \text{ cm} \leq ((2 \times 17) + 30) \leq 65 \text{ cm}$$

$$60 \text{ cm} \leq 64 \leq 65 \text{ cm} \text{ Ok!}$$

Maka :

$$\text{Jumlah tanjakan} = \frac{\text{Tinggi bordes}}{\text{Tinggi injakan}} = \frac{192,5}{17} = 11,32 \approx 12$$

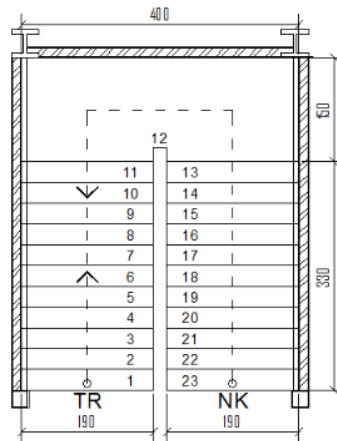
buah

$$\text{Jumlah injakan (n)} = 12 - 1 = 11 \text{ buah}$$

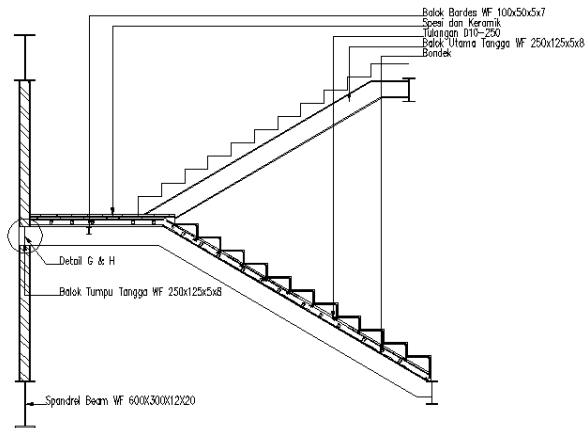
$$a = \arctan \frac{\text{Tinggi bordes}}{(n \times i)} = \frac{192,5}{(11 \times 30)} = 30,3^\circ$$

$$25^\circ < a < 40^\circ$$

$$25^\circ < 30,3^\circ < 40^\circ \text{ Ok!}$$



Gambar 4. 1 Denah Tangga



Gambar 4. 2 Potongan Tangga

#### 4.1.2.2. Perencanaan Plat Badan dan Plat Bordes Tangga

Perencanaan tangga yang direncanakan, menggunakan Bondek dengan tabel perencanaan praktis dari PT LYSAGHT INDONESIA. Struktur lantai direncanakan tanpa penyangga (no props) selama proses pengerasan pelat beton dengan tebal bondek 0,75 mm, mutu beton  $f'_c$  25 MPa, dan mutu baja tulangan U-48.

- Pembebanan pelat badan tangga

Beban mati

$$\text{Berat pelat} = 0,30 \times 2400 / \cos 30,3 = 472,3 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Railing} = 25,0 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban spesi} = 2\text{cm} \times 21 = 42,0 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban kramik} = 24,0 \text{ kg/m}^2 +$$

$$qD = 563,3 \text{ kg/m}^2$$

Beban hidup

$$qL = 300 \text{ kg/m}^2$$

$$qU = qD + qL = 563,3 + 300 = 863,3 \text{ kg/m}^2 = 1000 \text{ kg/m}^2$$

- Data-data perencanaan plat bondek

$$\text{Bentang} = 1,9 \text{ m}$$

$$\text{Beban berguna} = 1000 \text{ kg/m}^2$$

Bentang menerus dengan tulangan negatif, didapatkan tebal pelat 10 cm, dan tulangan negative  $2,65 \text{ cm}^2/\text{m}$

$$\varnothing \text{ Tulangan} = 10 \text{ mm}$$

$$A_s = 0,785 \text{ cm}^2$$

Jumlah tulangan yang dibutuhkan / m

$$n = 2,65 / 0,785 = 3,37 = 4 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak antar tulangan} = 1000 / 4 = 250 \text{ mm}$$

Jadi digunakan tulangan  $\varnothing 10-250$

- Pembebanan pelat bordes tangga

Beban mati

$$\text{Berat pelat} = 0,10 \times 2400 = 240,0 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Railing} = = 25,0 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban spesi} = 2 \text{ cm} \times 21 = 42,0 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban kramik} = = 24,0 \text{ kg/m}^2 +$$

$$q_D = 331,0 \text{ kg/m}^2$$

Beban hidup

$$q_L = 300 \text{ kg/m}^2$$

$$q_U = q_D + q_L = 331,0 + 300 = 631,0 \text{ kg/m}^2 = 700 \text{ kg/m}^2$$

- Data-data perencanaan plat bondek

$$\text{Bentang} = 1,9 \text{ m}$$

$$\text{Beban berguna} = 700 \text{ kg/m}^2$$

Bentang menerus dengan tulangan negatif, didapatkan tebal pelat 10 cm, dan tulangan negative  $2,39 \text{ cm}^2/\text{m}$

$$\varnothing \text{ Tulangan} = 10 \text{ mm}$$

$$A_s = 0,785 \text{ cm}^2$$

Jumlah tulangan yang dibutuhkan / m

$$n = 2,39 / 0,785 = 3,04 = 4 \text{ buah}$$

$$\text{Jarak antar tulangan} = 1000 / 4 = 250 \text{ mm}$$

Jadi digunakan tulangan  $\varnothing 10-250$

#### 4.1.2.3. Perencanaan Bordes

##### a) Balok bordes

Direncanakan memakai profil WF 100 x 50 x 5 x 7 dengan data sebagai berikut :

$$d = 100 \text{ mm} \quad t_f = 7 \text{ mm}$$

r	= 8 mm	b	= 50 mm
Z <sub>x</sub>	= 42 cm <sup>3</sup>	I <sub>x</sub>	= 187 cm <sup>4</sup>
tw	= 5 mm	W	= 9,3 kg/m
h	= 70 mm	Aw	= 50 cm <sup>2</sup>

• Pembebanan balok bordes

Beban mati

$$\begin{aligned}
 \text{Berat pelat} &= 675 + 472,5 &= 1147,5 \text{ kg/m} \\
 \text{Berat profil} &&= 9,3 \text{ kg/m} \\
 \text{Sambungan} &= 10\% &= 4,64 \text{ kg/m} + \\
 && \text{qD} &= 1272,48 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Beban hidup

$$q_L = 488,44 \times 0,675 = 329,70 \text{ kg/m}$$

• Perhitungan M<sub>D</sub> dan M<sub>L</sub>

$$V_D = \frac{1}{2} qD L = \frac{1}{2} \times 1272,48 \times 1,9^2 = 1208,86 \text{ kg.m}$$

$$M_D = \frac{1}{8} qD L^2 = \frac{1}{8} \times 1272,48 \times 1,9^2 = 574,21 \text{ kg.m}$$

$$V_L = \frac{1}{2} qD L = \frac{1}{2} \times 329,70 \times 1,9^2 = 313,21 \text{ kg.m}$$

$$M_L = \frac{1}{8} qD L^2 = \frac{1}{8} \times 329,70 \times 1,9^2 = 148,78 \text{ kg.m}$$

• Perhitungan kombinasi pembebanan

$$\begin{aligned}
 V_U &= 1,2 V_D + 1,6 V_L = 1,2 \times 1178,6 + 1,6 \times 313,21 \\
 &= 1915,5 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_U &= 1,2 M_D + 1,6 M_L = 1,2 \times 574,21 + 1,6 \times 148,78 \\
 &= 927,09 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

• Kontrol penampang

Badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{70}{5} = 14$$

$$\lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2.10^5}{250}} = 106,3$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

Sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{50}{2.7} = 3,57$$

$$\lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2.10^5}{250}} = 10,75$$

$\lambda < \lambda_p \rightarrow$  Penampang kompak

Maka  $M_n = M_p$

$M_n = M_p = Z_x \cdot f_y$

$\phi M_n = \phi Z_x \times f_y$

$$= 0,9 \times 42 \times 2500$$

$$= 94500 \text{ kg.cm} = 945 \text{ kg.m}$$

Syarat :  $\phi M_n > M_U$

$$945 \text{ kg.m} > 927,09 \text{ kg.m} \text{ Ok!}$$

• Kontrol geser

$$\frac{h}{t_w} = \frac{70}{5} = 14$$

$$1,1 \sqrt{\frac{k_v E}{f_y}} = 1,1 \sqrt{\frac{5.2.10^5}{250}} = 69,570$$

karena  $14 < 69,570$ , maka  $C_v = 1$  sehingga

$$\phi V_n = 0,9 \times 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v$$

$$= 0,9 \times 0,6 \times 2500 \times 50 \times 1$$

$$= 67500 \text{ kg}$$

Syarat :  $\phi V_n > V_U$

$$67500 \text{ kg} > 1915,5 \text{ kg} \text{ Ok!}$$

• Kontrol lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{190}{360} = 0,528 \text{ cm}$$

$$f^o = \frac{5 \left( \frac{qD + qL}{100} \right) L^4}{384 \times E \times I_x} = \frac{5 \left( \frac{51,03 + 329,70}{100} \right) 190^4}{384 \times 2.10^6 \times 187} = 0,727 \text{ cm}$$

Syarat :  $f_{ijin} > f^o$

$$0,528 \text{ cm} > 0,727 \text{ cm} \text{ Ok!}$$

#### 4.1.2.4. Balok Utama Tangga

Balok utama tangga dianalisa dengan anggapan terletak di atas dua tumpuan sederhana dengan menerima beban merata yang berasal dari berat sendiri dan beban dari anak tangga. Balok utama direncanakan menggunakan profil WF 250 x 125 x 5 x 8, dengan spesifikasi sebagai berikut:

$$d = 248 \text{ mm} \qquad i_x = 10,4 \text{ cm}$$

$$bf = 124 \text{ mm} \qquad i_y = 2,79 \text{ cm}$$

$t_f$	$= 8 \text{ mm}$	$Z_x$	$= 305 \text{ cm}^3$
$t_w$	$= 5 \text{ mm}$	$Z_y$	$= 63 \text{ cm}^3$
$A$	$= 32,68 \text{ cm}^2$	$S_x$	$= 285 \text{ cm}^3$
$q$	$= 25,7 \text{ kg/m}$	$S_y$	$= 41,1 \text{ cm}^3$
$I_x$	$= 3540 \text{ cm}^4$	$r$	$= 12 \text{ cm}$
$I_y$	$= 255 \text{ cm}^4$	$h$	$= d - 2(t_f + r)$
$F_y$	$= 250 \text{ Mpa (BJ-41)}$		$= 208 \text{ mm}$

• Perencanaan Pembebanan Anak Tangga

Beban mati (anak tangga)

Berat pelat	$= 1147,50 \text{ kg/m}$
Berat profil balok $25,7/\cos(29,74)$	$= 29,75 \text{ kg/m}$
Berat alat penyambung 10%	$= 7,49 \text{ kg/m} +$
$q_{D1}$	$= 1294,98 \text{ kg/m}$

Beban hidup

$q_{L1}$	$= 488,4 \times 1,90 / \cos 29,74$
	$= 537,20 \text{ kg/m}$
$q_{U1}$	$= 1,2 q_D + 1,6 q_L$
	$= 1,2 \times 1294,98 + 1,6 \times 537,20$
	$= 2413,5 \text{ kg/m}$

• Perencanaan Pembebanan Dan Gaya Dalam Bordes

Beban mati

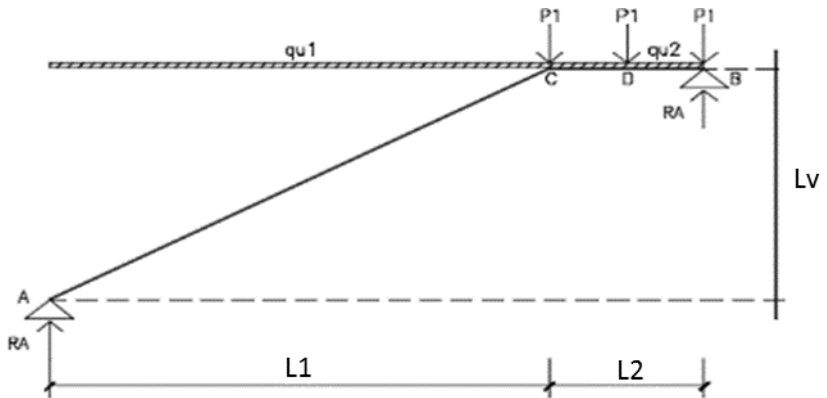
Berat profil	$= 745,75 \text{ kg/m}$
Berat bordes $0,007 \times 0,725 \times 7850$	$= 25,70 \text{ kg/m} +$
Berat penyambung 10%	$= 77,15 \text{ kg/m} +$
$q_{D2}$	$= 848,60 \text{ kg/m}$

Beban hidup

$q_{L2}$	$= 488,44 \times 1,90$
	$= 464,02 \text{ kg/m}$
$q_{U2}$	$= 1,2 q_{D2} + 1,6 q_{L2}$
	$= 1,2 \times 848,60 + 1,6 \times 464,02$
	$= 1760,7 \text{ kg/m}$

Beban terpusat akibat balok bordes

$p_1$	$= 9,3 \times 1,90 = 8,835 \text{ kg}$
-------	--



Gambar 4. 3 Sketsa Pembebanan Balok Utama

- Perhitungan pembebanan

$$\Sigma M_A = 0$$

$$-R_B \cdot 4,65 + P_1 \cdot 2,33 + P_1 \cdot 3,97 + P_1 \cdot 4,65 + qu_1 \cdot 4,65 \cdot 2,1 + qu_2 \cdot 1,3 \cdot 3,97 = 0$$

$$R_B =$$

$$\frac{8,835 \times 4,2 + 8,835 \times 2,33 + 8,835 \times 5,5 + 3162,7 \times 4,65 \times 2,1 + 1141,1 \times 1,3 \times 3,97}{4,65}$$

$$= 4880,7 \text{ kg}$$

$$\Sigma M_B = 0$$

$$R_A \cdot 4,65 - P_1 \cdot 1,35 - P_1 \cdot 0,65 - qu_1 \cdot 4,2 \cdot 3,4 - qu_2 \cdot 1,3 \cdot 0,65 = 0$$

$$R_A = \frac{8,835 \times 1,35 + 8,835 \times 0,65 + 3162,7 \times 4,2 \times 3,4 + 1141,1 \times 1,3 \times 0,65}{4,65}$$

$$= 5487,3 \text{ kg}$$

Kontrol:

$$\Sigma V = 0$$

$$= R_A + R_B - qu_1 \cdot 3,3 - qu_2 \cdot 1,5 - 3 \cdot P_1$$

$$= 2347,41 + 2208,80 - 991,21 \cdot 3,3 - 838,67 \cdot 1,5 - 3 \cdot 9,07$$

$$= 0$$

Bidang M

- A – C :

$$M_x = R_A \cdot x - \frac{1}{2} qu_1 \cdot x^2$$

$$= 2209,9 \cdot x - \frac{1}{2} \cdot 958,39 \cdot x^2$$

$$x = 0 \text{ m}$$

$$M_A = 0 \text{ kg.m}$$

$$x = 3,3 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} M_C &= 2209,9 \cdot 3,3 - \frac{1}{2} \cdot 958,39 \cdot 3,3^2 \\ &= 4966,6 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Momen maksimum terjadi apabila  $\frac{dM_x}{d_x} = 0$

$$\frac{dM_x}{d_x} = 2209,9 - 479,19 \cdot x = 0$$

$$x = 2,30 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} M_{\max} &= 2209,9 \cdot 2,30 - \frac{1}{2} \cdot 479,19 \cdot 2,30^2 \\ &= 2547,90 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

• B - D :

$$\begin{aligned} M_x &= R_B \cdot x - \frac{1}{2} q u_2 \cdot x^2 - P_1 \cdot x \\ &= 2120,40 \cdot x - \frac{1}{2} \cdot 845,26 \cdot x^2 - 8,835 \cdot x \end{aligned}$$

$$x = 0 \text{ m}$$

$$M_b = 0 \text{ kg.m}$$

$$x = 0,675 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} M_D &= 2120,40 \cdot 0,675 - \frac{1}{2} \cdot 845,26 \cdot 0,675^2 - 8,835 \cdot 0,675 \\ &= 2887,4 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Bidang D

• A - C:

$$\begin{aligned} D_X &= R_A \cdot \cos(30,30^\circ) - q_{u1} \cdot x \cdot \cos(30,30^\circ) \\ &= 2029,02 \cdot \cos(30,30^\circ) - 958,39 \cdot x \cdot \cos(30,30^\circ) \end{aligned}$$

$$x = 0 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} D_{Aka} &= 2029,02 \cdot \cos(30,30^\circ) - 958,39 \cdot x \cdot \cos(30,30^\circ) \\ &= 1908,90 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$x = 3,3 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} D_{Cki} &= 2029,02 \cdot \cos(30,30^\circ) - 958,39 \cdot x \cdot \cos(30,30^\circ) \\ &= -943,81 \text{ kg} \end{aligned}$$

• B - D :

$$\begin{aligned} D_X &= -R_B + q_{u2} \cdot x + P_1 \\ &= -2120 + 845,30 \cdot x + 8,835 \end{aligned}$$

$$x = 0 \text{ m}$$



$$\begin{aligned}
 D_{Bki} &= -2120 + 845,30 \cdot 0 + 8,835 \\
 &= -2112 \text{ kg} \\
 x &= 0,675 \text{ m} \\
 D_{Dka} &= -2120 + 845,30 \cdot 0,675 + 8,835 \\
 &= -1541 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- D - C :

$$\begin{aligned}
 D_X &= -R_B + q_{u2} \cdot (x+0,65) + P_1 + P_1 \\
 &= -2209,93 + 845,30 \cdot (x+0,68) + 17,7 + 17,7 \\
 x &= 0 \text{ m} \\
 D_{Dki} &= -2209,93 + 845,30 \cdot (0+0,68) + 17,7 + 17,7 \\
 &= -1621,70 \text{ kg} \\
 x &= 0,675 \text{ m} \\
 D_{CKa} &= -2209,93 + 845,30 \cdot (0,675 + 0,68) + 17,7 + 17,7 \\
 &= -1051,15 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

#### Bidang N

- A - C :

$$\begin{aligned}
 N_X &= -R_A \cdot \sin(30,3^\circ) + q_{u1} \cdot x \cdot \sin(30,3^\circ) \\
 &= -2209,93 \cdot \sin(30,3^\circ) + 958,39 \cdot x \cdot \sin(30,3^\circ) \\
 x &= 0 \text{ m} \\
 N_{Aka} &= -2209,93 \cdot \sin(30,3^\circ) + 958,39 \cdot 0 \cdot \sin(30,3^\circ) \\
 &= -1113,52 \text{ kg} \\
 x &= 3,3 \text{ m} \\
 N_{CKi} &= -2209,93 \cdot \sin(30,3^\circ) + 958,39 \cdot 3,3 \cdot \sin(30,3^\circ) \\
 &= 480,06 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- C - B :

$$N = 0 \text{ kg}$$

- Kontrol penampang Terhadap Tekuk Lokal

- Pelat Badan :

$$\frac{h}{tw} = \frac{208}{5} = 41,60$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$\frac{h}{tw} < \lambda_{pw} \rightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

- Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{124}{2 \times 8} = 7,75$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$$

- $\frac{bf}{2tf} < \lambda_{pf} \rightarrow$  Profil Sayap Kompak

- Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$M_n = M_p = Z_x f_y$$

$$M_p = 305 \cdot 2500 = 762500 \text{ kg. cm} = 7625 \text{ kg. m}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 7625$$

$$= 6862,5 \text{ kg.m} \geq 6237,9 \text{ kg.m} \text{ **Ok!**}$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

$$L_b = \sqrt{30^2 + 17^2} = 34,48 \text{ cm (Pengaku anak tangga)}$$

$$L_p = 1,76 \cdot r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$= 1,76 \cdot 2,79 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}}$$

$$= 138,89 \text{ cm}$$

$$L_b < L_p \rightarrow \text{bentang pendek, maka } M_n = M_p$$

$$M_p = 305 \cdot 2500 = 762500 \text{ kg. cm} = 7625 \text{ kg. m}$$

Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 7625$$

$$= 6862,5 \text{ kg.m} \geq 6237,9 \text{ kg.m} \text{ **Ok!**}$$

- Kontrol kuat geser

$$\frac{h}{tw} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} \quad ; C_v = 1,0$$

$$\frac{208}{5} = 41,60 < 260 \rightarrow Kv = 5$$

$$1,1 \sqrt{\frac{5,0 \cdot 2 \cdot 10^6}{2500}} = 69,57 \rightarrow \frac{h}{tw} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}}$$

Kondisi geser plastis

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$\phi V_n = \phi 0,6 f_y \cdot A_w \cdot C_v$$

$$\phi V_n = 0,9 \cdot 0,6 \cdot 2500 \cdot 24,8 \cdot 0,5 \cdot 1$$

$$\phi V_n = 16740 \text{ kg}$$

$$V_u = 4880,7 \text{ kg} \leq \phi V_n = 16740 \text{ kg} \text{ **Ok!**}$$

- Persamaan interaksi tekan – lentur

$$L = \sqrt{330^2 + 192^2} = 382 \text{ cm}$$

$$K_c = 0,70 \text{ (sendi – jepit)}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 \cdot E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 2 \times 10^6}{\left(\frac{0,70 \cdot 382}{2,79}\right)^2} = 2148,40 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{f_y}{F_e} = \frac{2500}{1341,15} = 1,16 \leq 2,25$$

karena  $\frac{f_y}{F_e} = 1,16 \leq 2,25$  maka  $f_{cr}$  ditentukan dengan :

$$\begin{aligned} F_{cr} &= \left[ 0,658 \frac{f_y}{F_e} \right] f_y \\ &= [0,658^{1,16}] 2500 \\ &= 1536,10 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_n &= A_g \cdot F_{cr} \\ &= 32,68 \cdot 1536,10 \\ &= 50.199,74 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_c &= \phi P_n \\ &= 0,9 \cdot 50.199,74 \\ &= 45.179,77 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{P_r}{P_c} &= \frac{1114}{45.179,77} = 0,025 < 0,2 \text{ (Persamaan interaksi 2)} \\ &= \frac{1114}{2 \times 45.179,77} + \left( \frac{2547,92}{6862,5} + 0 \right) \\ &= 0,9396 \leq 1,0 \text{ (Ok)} \end{aligned}$$

- Kontrol lendutan

$$f_{\text{maks}} = \frac{L}{240} = \frac{382}{240} = 1,59 \text{ cm}$$

$$f = 1,34 \text{ cm}$$

$$f < f_{\text{maks}} \rightarrow 1,59 \text{ cm} < 1,34 \text{ cm} \text{ Ok!}$$

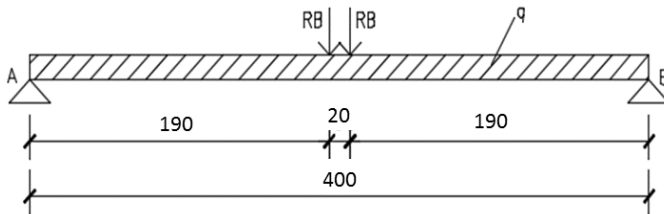
#### 4.1.2.5. Balok Penumpu Tangga

Balok utama penumpu tangga direncanakan memakai profil WF 250 x 125 x 5 x 8 dengan data-data sebagai berikut:

d	= 248 mm	ix	= 10,4 cm
bf	= 124 mm	iy	= 2,79 cm
tf	= 8 mm	Zx	= 305 cm <sup>3</sup>
tw	= 5 mm	Zy	= 63 cm <sup>3</sup>
A	= 32,68 cm <sup>2</sup>	Sx	= 285 cm <sup>3</sup>
q	= 25,7 kg/m	Sy	= 41,1 cm <sup>3</sup>
Ix	= 3540 cm <sup>4</sup>	r	= 12 cm
Iy	= 255 cm <sup>4</sup>	h	= d - 2(tf+r)
Fy	= 250 Mpa (BJ-41)		= 208 mm
h <sub>o</sub>	= 240 mm		

- Pembebanan

Pembebanan pada balok penumpu tangga diperoleh dari gaya reaksi (Rb) yang bekerja pada balok utama tangga. Gaya reaksi tersebut akan menjadi beban terpusat P yang menumpu pada balok penumpu tangga. Pada balok penumpu tangga juga bekerja beban merata yang berasal dari dinding setengah dari tinggi lantai dan berat profil. Sketsa pembebanan balok penumpu tangga bisa dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 4. 4 Pembebanan Balok Penumpu Tangga

$$R_b = 2208,80 \text{ kg}$$

Beban merata (q)

$$\text{Berat profil} = 25,7 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban dinding } 1,90 \times 132 &= 254 \text{ kg/m} + \\ &= 279,80 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat sambungan } 10\% &= 27,98 \text{ kg/m} + \\ &= 307,78 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- Reaksi Perletakan

$$\Sigma M_A = 0$$

$$-R_{vB} \cdot 4 + R_a \cdot 2,10 + R_b \cdot 1,90 + \frac{1}{2} \cdot q \cdot 3^2 = 0$$

$$R_{vB} = \frac{2120 \cdot 2,10 + 2120 \cdot 1,90 + \frac{1}{2} \cdot 307,78 \cdot 4}{4}$$

$$= 2274,20 \text{ kg}$$

$$R_{vA} = 2274,20 \text{ kg}$$

- Momen maksimum

$$\begin{aligned} M_{\max} &= R_{vA} \times 2 - R_b \times 0,1 - \frac{1}{2} \times q \times 2^2 \\ &= 2274,20 \times 2 - 2120 \times 0,1 - \frac{1}{2} \times 307,78 \times 2^2 \\ &= 5376,10 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

- Gaya geser

$$V_U = -R_{vB} = -2274,20 \text{ kg}$$

- Kontrol penampang profil Terhadap Tekuk Lokal

- Pelat Badan :

$$\frac{h}{tw} = \frac{208}{5} = 41,60$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$\frac{h}{tw} < \lambda_{pw} \rightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

- Pelat Sayap :

$$\frac{bf}{2tf} = \frac{124}{2 \times 8} = 7,75$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$$

- $\frac{bf}{2tf} < \lambda_{pf} \rightarrow \text{Profil Sayap Kompak}$

- Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$M_n = M_p = Z_x f_y$$

$$M_p = 305 \cdot 2500 = 762500 \text{ kg.cm} = 7625 \text{ kg.m}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 7625$$

$$= 6862,5 \text{ kg.m} \geq 5376,1 \text{ kg.m} \text{ **Ok!**}$$

- Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

$$L_b = 190 \text{ cm}$$

$$L_p = 1,76 \cdot r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$= 1,76 \cdot 2,79 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}}$$

$$= 138,89 \text{ cm}$$

$$L_r = 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7 f_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_x h_0} + \sqrt{\left(\frac{J_c}{S_x h_0}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 f_y}{E}\right)^2}}$$

$$C_w = \frac{1}{4} I_y h_0^2 = \frac{1}{4} \cdot 255 \cdot 24^2 = 36720 \text{ cm}^6$$

$$r_{ts}^2 = \frac{\sqrt{I_y C_w}}{S_x} = \frac{\sqrt{255 \cdot 36720}}{285} \rightarrow r_{ts} = 3,28 \text{ cm}$$

$$J = \sum \frac{1}{3} b t^3 \rightarrow b = d - 2 t f$$

$$J = \frac{1}{3} \cdot 23,2 \cdot 0,5^3 + 2 \cdot \frac{1}{3} \cdot 12,4 \cdot 0,8^3 = 5,20 \text{ cm}^4$$

$$c = 1,0$$

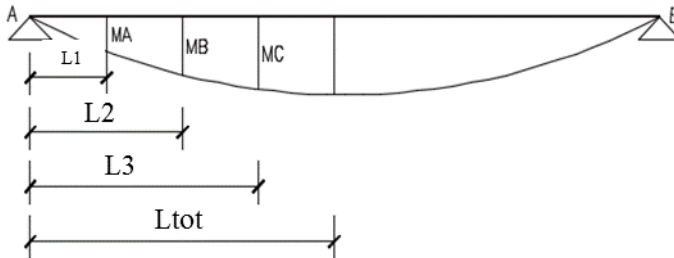
$$L_r = 1,95 \cdot$$

$$3,28 \frac{2 \times 10^6}{0,7 \cdot 2500} \sqrt{\frac{5,20 \times 1}{285 \cdot 24} + \sqrt{\left(\frac{5,20 \cdot 1}{285 \cdot 24}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 \cdot 2500}{2 \times 10^6}\right)^2}}$$

$$L_r = 404,55 \text{ cm}$$

Kondisi Blok inelastis termasuk dalam bentang menengah  $L_p \leq L_b \leq L_r$  dengan  $M_n$  :

$$M_n = C_b \left[ M_p - (M_p - 0,7 S_x f_y) \frac{L_b - L_p}{L_R - L_p} \right] \leq M_p$$



Gambar 4. 5 Posisi  $M_A$ ,  $M_B$ ,  $M_C$  Balok Penumpu Tangga

$$\begin{aligned} M_A &= R_{vA} \times 0,48 - \frac{1}{2} \times q \times 0,48^2 \\ &= 2274,20 \times 0,48 - \frac{1}{2} \times 307,78 \times 0,48^2 \\ &= 1045,50 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_B &= R_{vA} \times 0,95 - \frac{1}{2} \times q \times 0,95^2 \\ &= 2274,20 \times 0,95 - \frac{1}{2} \times 307,78 \times 0,95^2 \\ &= 2021,60 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_C &= R_{vA} \times 1,43 - \frac{1}{2} \times q \times 1,43^2 \\ &= 2274,20 \times 1,43 - \frac{1}{2} \times 307,78 \times 1,43^2 \\ &= 2928,30 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$M_{\max} = R_{vA} \times 1,90 - \frac{1}{2} \times q \times 1,90^2$$

$$= 2274,20 \times 1,90 - \frac{1}{2} \times 307,78 \times 1,90^2$$

$$= 3765,50 \text{ kg.m}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{\text{Max}}}{2,5M_{\text{max}} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} \leq 2,27$$

$$C_b = \frac{12,5 \cdot 3765,50}{2,5 \cdot 3765,50 + 3 \cdot 1045,50 + 4 \cdot 2021,60 + 3 \cdot 2928,30} \leq 2,27$$

$$= 1,60 \leq 2,27 \text{ Ok!}$$

$$M_n = 1,60 \left[ 762500 - (762500 - 0,7 \cdot 285 \cdot 2500) \frac{145 - 138,89}{651,21 - 138,89} \right]$$

$$M_n = 153.513,26 \text{ kg.cm} = 1535,10 \text{ kg.m} > M_p$$

$$\text{Maka } M_n = M_p = 7625 \text{ kg.m}$$

- Cek kemampuan penampang

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$\phi_b \cdot M_n = 0,9 \times 7625$$

$$6862,5 \text{ kg.m} \geq 5376,1 \text{ kg.m} \text{ Ok!}$$

- Kontrol kuat geser

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} \quad ; C_v = 1,0$$

$$\frac{208}{5} = 41,60 < 260 \rightarrow K_v = 5$$

$$1,1 \sqrt{\frac{5,0 \cdot 2 \cdot 10^6}{2500}} = 69,57 \rightarrow \frac{h}{t_w} \leq 1,1 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}}$$

Kondisi geser plastis

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$\phi V_n = \phi 0,6 f_y \cdot A_w \cdot C_v$$

$$\phi V_n = 0,9 \cdot 0,6 \cdot 2500 \cdot 12,40 \cdot 1$$

$$\phi V_n = 18.600 \text{ kg}$$

$$V_u = 2274,20 \text{ kg} \leq \phi V_n = 18.600 \text{ kg} \text{ Ok!}$$

- Kontrol lendutan

$$L = 300 \text{ cm}$$

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{300}{240} = 1,67 \text{ cm}$$

$$f = 0,286 \text{ cm}$$

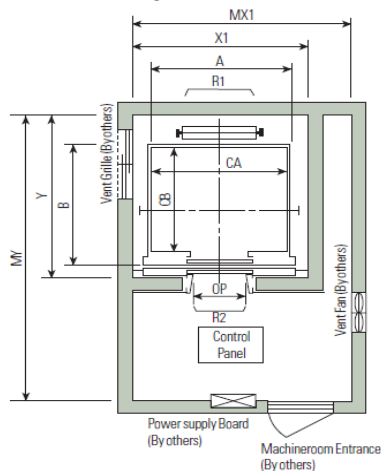
$$f < f_{ijin} \rightarrow 0,286 \text{ cm} < 1,67 \text{ cm} \text{ Ok!}$$



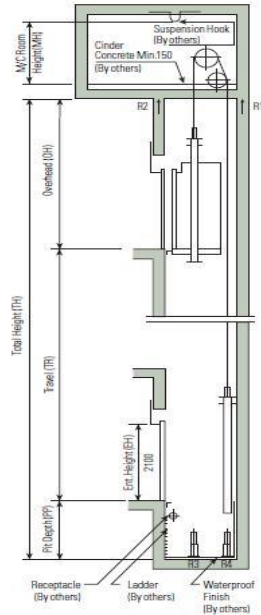
#### 4.1.3. Perencanaan Balok Penumpu Lift

Pada perencanaan balok *lift* meliputi balok-balok yang berkaitan dengan ruang mesin *lift*. Pada bangunan ini menggunakan *lift* penumpang dengan data-data sebagai berikut (untuk lebih jelasnya lihat lampiran brosur *lift*) :

- Tipe lift : *Passenger Elevators*
- Merek : HYUNDAI
- Kapasitas : 15 Orang /1000 kg
- Lebar pintu (*opening width*) : 900 mm
- Dimensi ruang luncur (*hoistway inside*) 1 Car : 4200 x 2100 mm<sup>2</sup>
- Dimensi sangkar (*Car size*)
  - Internal : 1600 x 1500 mm<sup>2</sup>
  - Eksternal : 1660 x 165 mm<sup>2</sup>
- Dimensi ruang mesin (1 Car) : 2300 x 3850 mm<sup>2</sup>
- Beban reaksi ruang mesin :
  - $R_1 = 5450 \text{ kg}$
  - $R_2 = 4300 \text{ kg}$



Gambar 4. 6 Gambar Denah Lift



Gambar 4. 7 Gambar Potongan Melintang Lift

Balok *lift* direncanakan menggunakan profil WF 300 × 150 × 6,5 × 9 (BJ 41) dengan data sebagai berikut :

W	= 36,7 kg/m	b <sub>f</sub>	= 150 mm
h <sub>w</sub>	= 150-2(9+13)	A	= 46,78 cm <sup>2</sup>
	= 256 mm	r	= 13 mm
t <sub>w</sub>	= 6,5 mm	Z <sub>x</sub>	= 522 cm <sup>3</sup>
i <sub>y</sub>	= 3,29 cm	t <sub>f</sub>	= 9 mm
I <sub>x</sub>	= 7210 cm <sup>4</sup>	d	= 300 mm
I <sub>y</sub>	= 508 cm <sup>4</sup>		

a) Pembebanan pada balok penumpang lift

$$L_n = 3,75 \text{ m}$$

$$\text{Luas tribut area} = 6,575 \text{ m}^2$$

$$\text{Beban mati (DL)} = 184 \text{ kg/m}^2$$

$$= 184 \times 6,575 / 3,75 = 322,61 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban hidup (LL)} = 250 \text{ kg/m}^2$$

$$= 250 \times 6,575 / 3,75 = 438,33 \text{ kg/m}$$

$$\text{Wultimate} = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$$

$$= 1,2 \times 322,61 + 1,6 \times 438,3 = 1088,5 \text{ kg/m}$$

b) Beban terpusat lift

$$\text{Beban akibat balok (B1)} = 102,39 \text{ kg}$$

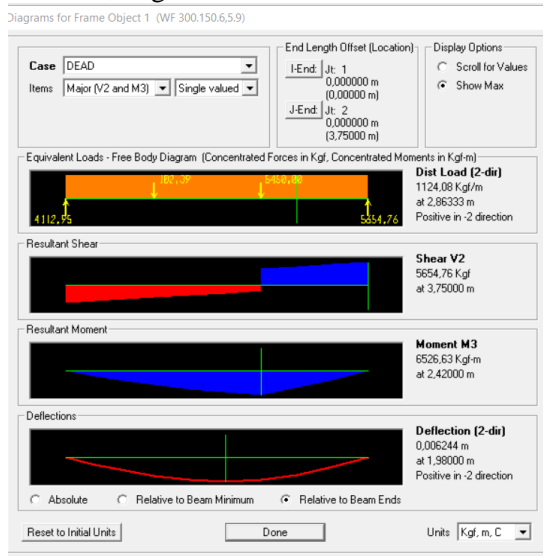
$$\text{Beban akibat lift} = 5450,1 \text{ kg}$$

c) Perhitungan gaya dalam yang terjadi pada balok penumpu lift

Gaya dalam didapat dari output SAP sebagai berikut :

$$\text{Mu} = 6526,6 \text{ kg.m}$$

$$\text{Vu} = 5654,8 \text{ kg}$$



Gambar 4. 8 Gaya Dalam Balok Penumpu Lift (Output SAP)

d) Kontrol penampang terhadap tekuk lokal

Pelat Badan :

$$\frac{h}{tw} = \frac{256}{6,5} = 39,385$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 106,35$$

$$\frac{h}{t_w} < \lambda_{pw} \rightarrow \text{Profil Badan Kompak}$$

Pelat Sayap :

$$\frac{b_f}{2t_f} = \frac{150}{2 \times 9} = 8,33$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \times 10^5}{250}} = 10,75$$

$$\frac{b_f}{2t_f} < \lambda_{pf} \rightarrow \text{Profil Sayap Kompak}$$

Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \times 522 = 1305000 \text{ kgcm}$$

$$\phi M_p = 1174500 \text{ kg.cm} = 11745 \text{ kg.m}$$

Cek Persyaratan :

$$\phi M_p > M_u$$

$$11745 > 6526,6 \text{ Ok!}$$

e) Kontrol penampang terhadap tekuk lateral

$$L_b = 3,75 \text{ m} = 375 \text{ cm}$$

Dari tabel profil untuk profil WF 300 x 150 x 6,5 x 9 dengan BJ 41, diperoleh :

$$L_p = 163,78 \text{ cm}$$

$$L_r = 478,2 \text{ cm}$$

Cek Persyaratan :

$$L_p < L_b < L_r$$

$$163,78 < 375 < 478,2 \rightarrow \text{Bentang Menengah}$$

Maka, Perhitungan Momen Nominalnya ( $M_n$ ) adalah :

$$M_n = C_b (M_p - (M_p - 0,7 f_y S_x)) \left( \frac{L_b}{L_r} - \frac{L_p}{L_r} \right)$$

Dimana :

$$\text{Momen } \frac{1}{4} \text{ bentang } (M_a) = 3351 \text{ kg.m}$$

$$\text{Momen } \frac{1}{2} \text{ bentang } (M_b) = 56469 \text{ kg.m}$$

$$\text{Momen } \frac{3}{4} \text{ bentang } (M_c) = 4807,2 \text{ kg.m}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{max}}{2,5 M_{max} + 3 M_a + 4 M_b + 3 M_c} < 2,27$$

$$C_b = \frac{12,5 \times 6526,6}{2,5 \times 6526,6 + 3 \times 3351 + 4 \times 5646,9 + 3 \times 4807,2} = 1,287$$

Maka dipakai  $C_b = 2,27$

$$M_n = C_b (M_p - (M_p - 0,7 f_y S_x)) \left( \frac{L_b}{L_r} - \frac{L_p}{L_r} \right)$$

$$= 727892,96 \text{ kg.cm} = 7278,9 \text{ kg.m}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$M_n < M_p$$

$$7278,9 < 13050 \rightarrow \text{Ok!}$$

$$M_u < \phi M_n$$

$$6526,6 < 11745 \rightarrow \text{Ok!}$$

f) Kontrol Kuat Geser

$$\frac{h}{t_w} = \frac{256}{6,5} = 39,38$$

$$1,10 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} = 1,10 \sqrt{\frac{5 \times 2000000}{2500}} = 69,57$$

$$\text{karena } \frac{h}{t_w} < 1,10 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} \rightarrow 39,38 < 69,57$$

maka  $C_v = 1$ ; sehingga

$$V_n = 0,6 f_y A_w C_v = 0,6 \times 2500 \times (19,5) \times 1 = 29250 \text{ kg}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$0,9 \times 29250 > 5654,8 \text{ kg}$$

$$26325 \text{ kg} > 5654,8 \text{ kg} \rightarrow \text{Ok!}$$

g) Kontrol Lendutan

Batas Lendutan Maksimum

$$f_{ijin} = \frac{L}{240} = \frac{375}{240} = 1,56 \text{ cm}$$

Lendutan Pada Balok Induk Memanjang Hasil Output

SAP 2000

$$f = 0,0062 \text{ m} = 0,624 \text{ cm}$$

Cek Kontrol Lendutan :

$$f < f_{ijin}$$

$$0,624 < 1,56 \rightarrow \text{Ok!}$$

## 4.2. Pemodelan Struktur

Struktur dimodelkan pada program bantu SAP2000 dimana beban-beban luar maupun berat sendiri dari struktur akan dianalisis. Gaya dalam yang didapat dari hasil analisa struktur tersebut nantinya digunakan untuk melakukan cek kekuatan penampang secara elastis.

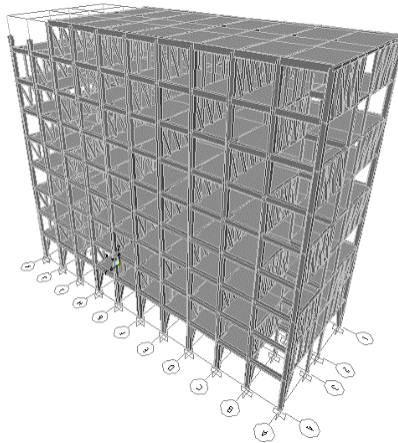
### 4.2.1. Data Gedung Modifikasi

Data-data modifikasi gedung 9 lantai Universitas Muhammadiyah Gresik yang digunakan dalam pembebanan adalah sebagai berikut:

Fungsi Bangunan	: Fasilitas Pendidikan
Faktor Keutamaan ( I )	: IV
Mutu Baja	: BJ41 ( $f_y = 250$ MPa; $f_u = 410$ MPa)
Mutu Beton	: $f'_c = 45$ MPa
Lebar gedung	: 15 m
Panjang gedung	: 40 m
Tinggi total gedung	: 35,1 m (10 lantai)
Tinggi lantai dasar	: 4,3 m
Tinggi antar lantai 1-14	: 3,85 m
Pelat atap	: Hollow Core Slab (HCS), $t = 120$ mm
Pelat lantai	: Hollow Core Slab (HCS), $t = 120$ mm
Profil Kolom	: WF 400x400x30x50
Profil Balok Atap	: WF 600x200x11x17
Profil Balok Lantai	: WF 600x300x12x20
Truss Diagonal	: HSS 200x200x12
Truss Vertikal	: HSS 200x200x12
Truss Post	: HSS 200x200x12
Truss Hanger	: HSS 200x200x12
Truss Knee Braces	: HSS 250x250x16
Vierendeel Panel	: WF 300x200x8x12
Truss Chords	: WF 300x200x8x12

#### 4.2.2. Pemodelan Struktur 3 Dimensi

Berikut adalah pemodelan struktur 3 dimensi yang sudah dilakukan dalam program SAP 2000 :



Gambar 4. 9 Pembebanan Struktur Utama

Pembebanan struktur didasarkan pada SNI-1727-2013 (Pembebanan) dengan rincian sebagai berikut :

#### 4.2.3. Beban Mati

Beban mati adalah seluruh bagian bangunan yang bersifat tetap yang tidak terpisahkan dari bangunan selama masa layannya. Beban mati yang dihitung pada struktur ini antara lain :

##### 1. Pelat Atap

Topping (5cm)	= 70 kg/m <sup>2</sup>
Plesteran (1cm)	= 21 kg/m <sup>2</sup>
Aspal	= 14 kg/m <sup>2</sup>
Plafond + Penggantung	= 18 kg/m <sup>2</sup>
Ducting + Plumbing	= 30 kg/m <sup>2</sup>
Total	= 153 kg/m <sup>2</sup>

##### 2. Pelat Lantai

Topping (5cm)	= 70 kg/m <sup>2</sup>
Plesteran (2cm)	= 42 kg/m <sup>2</sup>
Aspal	= 14 kg/m <sup>2</sup>

Plafond + Penggantung	= 18 kg/m <sup>2</sup>
Ducting + Plumbing	= 30 kg/m <sup>2</sup> +
Total	= 184 kg/m <sup>2</sup>

### 3. Beban Dinding

Berat jenis citicon diperoleh dari brosur Citicon produksi dengan berat jenis citicon 600 kg/m<sup>3</sup>.

Plesteran dinding (1cm) = 21 kg/m<sup>2</sup> (asumsi)

Berat /meter = 600 x 0.15 x 0.4 = 600 x 0.15 = 90 kg/m<sup>2</sup>

Berat citicon + plesteran = 90 + (21 x 2) = 132 kg/m<sup>2</sup>

### 4. Berat Sendiri

Berat sendiri yang dimiliki oleh bangunan sudah dihitung secara otomatis oleh program analisis struktur, dimana berat sendiri profil baja adalah 7850 kg/m<sup>3</sup> dan berat jenis beton adalah 2400 kg/m<sup>3</sup>.

#### 4.2.4. Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang bertumpu pada bangunan yang memiliki kemungkinan untuk lepas dari bangunan tersebut. Beban hidup direncanakan sesuai dengan tabel 4.1 SNI-1727-2013.

#### 4.2.5. Beban Gempa

Pada struktur gedung 9 lantai Universitas Muhammadiyah ini mempunyai jumlah lantai 9 tingkat dengan ketinggian 35,1 m. Perhitungan beban gempa pada struktur ini ditinjau dengan pengaruh gempa dinamik sesuai SNI 1726:2012. Analisisnya dilakukan berdasarkan analisis respon dinamik dengan parameter-parameter yang sudah ditentukan. Berikut adalah tahapannya :

##### a) Menetapkan Faktor Keutamaan (I) dan Kategori Risiko

Berdasarkan Tabel 1 dan tabel 2 SNI 1726:2012 maka fasilitas pendidikan masuk kategori resiko IV dengan nilai faktor keutamaan (I) = 1,5.

##### b) Menentukan Kelas Situs

Penentuan jenis tanah untuk peninjauan gempa adalah data tanah pada lapisan setebal maksimum 30 m paling atas sesuai SNI 1726 2012. Data tanah N-SPT yang berada pada



lampiran dapat dirangkum berdasarkan kedalaman per-3 m seperti berikut :

Tabel 4. 1 Hasil Data Tanah berdasarkan N-SPT

Dept (m)	di	Ni-value	di/Ni
3	3	8	0,38
6	3	18	0,17
9	3	25	0,12
12	3	21	0,14
15	3	17	0,18
18	3	25	0,12
21	3	21	0,14
24	3	26	0,12
27	3	19	0,16
30	3	20	0,15
$\Sigma$	30	200	1,67

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n di}{\sum_{i=1}^n \frac{di}{Ni}} = 17,995 \rightarrow \text{Kelas situs SD (tanah sedang)}$$

c) Parameter Respon Spektrum Rencana

Parameter respon spektrum rencana digunakan untuk menentukan gaya gempa rencana yang bekerja pada struktur. Untuk parameter gempa yang digunakan diambil dari website dinas Pekerjaan Umum dengan lokasi input berada di Gresik.

- Percepatan batuan dasar pada periode pendek (SS) = 0,655
- Percepatan batuan dasar pada periode 1 detik (S1) = 0,241
- Faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode pendek (Fa) = 1,276
- Faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik (Fv) = 1,917
- Parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek ( $S_{MS}$ ) = 0,836
- Parameter spektrum respons percepatan pada periode 1 detik ( $S_{M1}$ ) = 0,462
- Parameter percepatan spektra desain untuk periode pendek ( $S_{DS}$ ) = 0,557

- Parameter percepatan spektra desain untuk perioda 1 detik ( $S_{D1}$ ) = 0,308

d) Menentukan Respon Spektrum Desain

Untuk membuat Respon Spektrum Desain, diperlukan parameter  $T_0$  dan  $T_S$ . Perhitungannya sebagai berikut :

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,2 \frac{0,308}{0,557} = 0,111$$

$$T_S = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,308}{0,604} = 0,553$$

- Untuk  $T < T_0$ , maka bila  $T = 0$  diperoleh:

$$S_a = S_{DS} \left( 0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) = 0,604 \left( 0,4 + 0,6 \frac{0}{0,111} \right) = 0,223$$

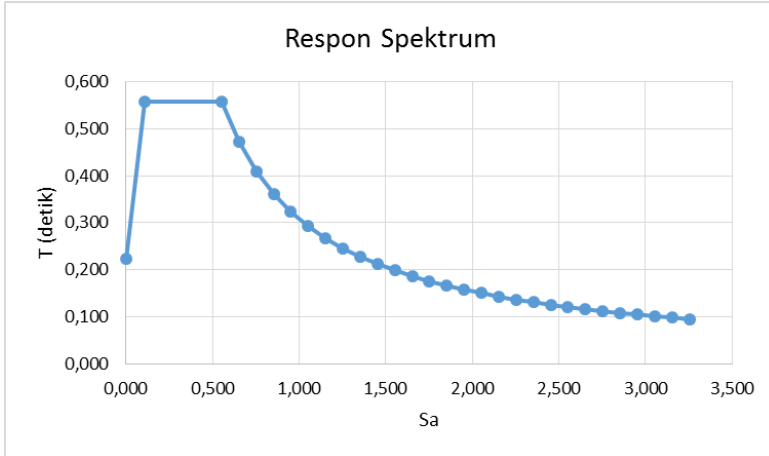
- Untuk  $T_0 \leq T \leq T_S$

$$S_a = S_{DS} = 0,557$$

- Untuk  $T > T_S$

Nilai  $S_a$  diperoleh dengan persamaan 3.10.

Dengan memplotkan nilai  $S_a$  dan  $T$  sedemikian rupa maka diperoleh Respon Spektrum Desain sebagai berikut :



Gambar 4. 10 Respon Spektrum Desain Gresik untuk Tanah Sedang

e) Menentukan Kategori Seismik Desain

Dari hasil penentuan kategori risiko, nilai keutamaan, dan parameter spektral desain sebelumnya, diperoleh untuk nilai  $S_{DS} = 0,557$ , maka termasuk kategori “Resiko D”. Kemudian untuk nilai  $S_{D1} = 0,308$ , termasuk kategori “Resiko D”.

f) Menentukan Faktor Skala Pembebanan Dinamis

Sistem penahan gaya gempa lateral dan vertikal dasar harus memenuhi salah satu tipe yang ditunjukkan dalam SNI 1726-2012 tabel 9.

- Arah  $x$

Direncanakan arah  $x$  memakai sistem MRF dengan sistem penahan gaya seismik “Rangka baja pemikul momen menengah” didapat nilai  $R = 4,5$ .

Efeksifitas pembebanan 100% sumbu  $x$  dan 30% sumbu  $y$ , maka :

$$U1 = 100\% \times g \times \frac{I}{R} = 100\% \times 9,81 \times \frac{1,5}{4,5} = 3,270$$

$$U1 = 30\% \times g \times \frac{I}{R} = 30\% \times 9,81 \times \frac{1,5}{4,5} = 0,981$$

- Arah  $y$

Direncanakan arah  $y$  memakai sistem MRF dengan sistem penahan gaya seismik “Rangka batang baja pemikul momen khusus” didapat nilai  $R = 4,5$ .

Efeksifitas pembebanan 100% sumbu  $x$  dan 30% sumbu  $y$ , maka :

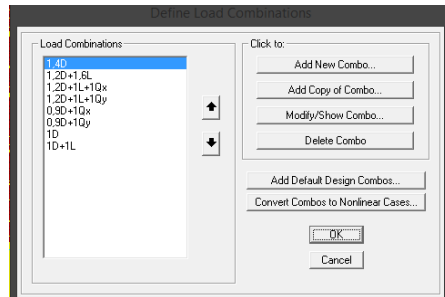
$$U1 = 100\% \times g \times \frac{I}{R} = 100\% \times 9,81 \times \frac{1,5}{7} = 0,631$$

$$U1 = 30\% \times g \times \frac{I}{R} = 30\% \times 9,81 \times \frac{1,5}{7} = 2,102$$

#### 4.2.6. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan diperlukan dalam sebuah perencanaan struktur bangunan. Pada saat konstruksi, tentunya beban-beban yang bekerja pada struktur hanyalah beban-beban mati saja dan beban hidup sementara akibat dari pekerja bangunan. Sedangkan pada masa layan, beban-beban hidup permanen dari aktifitas pemakai gedung dan barang-barang inventaris yang dapat bergerak di dalam gedung. Hal ini tentunya akan berdampak pada kekuatan rencana elemen struktur yang direncanakan berdasarkan kombinasi pembebanan terbesar akibat penjumlahan beban-beban yang bekerja dengan faktor beban LRFD (Load Resistance Factor Design).

Dalam input kombinasi pembebanan dalam SAP 2000v14 dengan menggunakan option load combination yang dapat dilihat pada Gambar 4.11



Gambar 4. 11 Kombinasi Pembebanan

##### 4.2.6.1. Lantai Tingkat Sebagai Diafragma

Sesuai SNI 1726-2012 Pasal 7.3.1.2 bahwa diafragma pelat beton yang diberi penutup (toping) beton dengan perbandingan S/De sebesar 3 atau kurang pada struktur tanpa ketidakberaturan horizontal dapat diidealisasikan sebagai diafragma kaku. Dalam hal ini HCS di berikan topping pada proses pemasangannya, maka termasuk diafragma kaku.

#### **4.2.6.2. Arah Pembebanan**

Untuk kriteria pembebanan kategori desain seismik D sesuai SNI 1726-2012 pasal 7.5.4 dimana gaya gempa desain diijinkan diterapkan secara terpisah pada masing-masing arah dari dua arah ortogonal dimana pengaruh efektif pembebanan gempa 100% terjadi pada arah utama gempa rencana dan bersamaan terjadi pengaruh pembebanan gempa dengan efektifitas 30% arah tegak lurusnya.

#### **4.2.7. Kontrol Desain**

Setelah dilakukan pemodelan struktur 3 dimensi dengan program bantu SAP 2000 v14, hasil analisis struktur harus dikontrol terhadap suatu batasan-batasan tertentu sesuai dengan peraturan SNI 03-1726-2012 untuk menentukan kelayakan sistem struktur tersebut. Adapun hal-hal yang harus dikontrol adalah sebagai berikut :

- Kontrol partisipasi massa.
- Kontrol waktu getar alami fundamental.
- Kontrol nilai akhir respon spektrum.
- Kontrol batas simpangan (drift)

Dari analisis tersebut juga diambil gaya dalam yang terjadi pada masing-masing elemen struktur untuk dilakukan pengecekan kapasitas penampang.

##### **4.2.7.1. Kontrol Partisipasi Massa**

Menurut SNI 1726 pasal 7.9.1, bahwa perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90% dari massa aktual dari masing-masing arah.

Dalam hal ini digunakan bantuan program SAP 2000 untuk mengeluarkan hasil partisipasi massa seperti pada Tabel 4.2 berikut :

Tabel 4. 2 Rasio Partisipasi Massa

OutputCase	StepType	StepNum	Period	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	1,245961	0,822	2,7E-07
MODAL	Mode	2	0,831224	0,822	0,821
MODAL	Mode	3	0,776085	0,822	0,864
MODAL	Mode	4	0,398764	0,919	0,864
MODAL	Mode	5	0,276474	0,919	0,966
MODAL	Mode	6	0,255735	0,919	0,971
MODAL	Mode	7	0,229857	0,955	0,971
MODAL	Mode	8	0,157197	0,974	0,971
MODAL	Mode	9	0,14145	0,974	0,985
MODAL	Mode	10	0,13503	0,974	0,986
MODAL	Mode	11	0,122598	0,974	0,986
MODAL	Mode	12	0,118442	0,974	0,986

Dari tabel di atas didapat partisipasi massa arah  $x$  sebesar 91,9% pada moda ke 4 dan partisipasi massa arah  $y$  sebesar 96,6% pada moda ke 5. Maka dapat disimpulkan analisis struktur yang sudah dilakukan telah memenuhi syarat yang terdapat pada SNI-03-1726-2012 pasal 7.9.1 yaitu partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90%.

#### 4.2.7.2. Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental

Untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai periode fundamental  $T$ , struktur harus dibatasi. Dengan menggunakan periode fundamental pendekatan adalah:

$h = 35,1$  m (tinggi total gedung dalam meter)

$SD1 = 0,308$  maka didapat  $CU = 1,4$  (tabel 14 SNI 03-1726-2012)

- Arah  $x$ :

$C_{tx} = 0.0724$  (tabel 15 SNI 03-1726-2012)

$xx = 0.8$  (tabel 15 SNI 03-1726-2012)

- Arah  $y$ :

$C_{ty} = 0.0488$  (tabel 15 SNI 03-1726-2012)

$xy = 0,75$  (tabel 15 SNI 03-1726-2012)

Diperoleh nilai  $T_d$  dari hasil analisis pemodelan tertulis pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Nilai Waktu Getar Alami

OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2
MODAL	Mode	1	1,24596	0,80259	5,0428	25,43
MODAL	Mode	2	0,83122	1,203	7,559	57,138
MODAL	Mode	3	0,77609	1,2885	8,096	65,545
MODAL	Mode	4	0,39876	2,5077	15,757	248,27
MODAL	Mode	5	0,27647	3,617	22,726	516,48
MODAL	Mode	6	0,25574	3,9103	24,569	603,64
MODAL	Mode	7	0,22986	4,3505	27,335	747,21
MODAL	Mode	8	0,1572	6,3615	39,97	1597,6
MODAL	Mode	9	0,14145	7,0696	44,42	1973,1
MODAL	Mode	10	0,13503	7,4058	46,532	2165,2
MODAL	Mode	11	0,1226	8,1567	51,25	2626,6
MODAL	Mode	12	0,11844	8,4429	53,049	2814,1

Dari tabel Tabel 4.3 dapat diperoleh nilai:

$T_{cx} = 1.2466$  detik

$T_{cy} = 0.8312$  detik

Periode fundamental struktur tersebut tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung  $C_u$  pada tabel 14 SNI 03-1726-2012 dan bila periode fundamental  $T$ , yang dihitung melebihi periode fundamental pendekatan  $T_a$  yang dikalikan dengan  $C_u$  lebih besar, maka  $T_a$  harus digunakan sebagai pengganti  $T$  dalam arah itu.

- Arah x:

$$T_a = 0,0724 \times 35,1^{0,8} = 1,247 \text{ detik}$$

$$T_{max} = T_a \times C_u = 1,247 \times 1,4 = 1,746 \text{ detik}$$

$$T_{cx} < T_{ax} \text{ maka diambil } T = T_{ax} = 1,247 \text{ detik}$$

- Arah y :

$$T_a = 0.0488 \times 35,1^{0,75} = 0,704 \text{ detik}$$

$$T_{max} = T_a \times C_u = 0,704 \times 1,4 = 0,985 \text{ detik}$$

$$T_{cy} > T_{ay} \text{ maka diambil } T = T_{ay} = 0,704 \text{ detik}$$

#### 4.2.7.3. Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum

Berdasarkan SNI 03-1726-2012, nilai akhir respon dinamik struktur gedung dalam arah yang ditetapkan tidak boleh kurang dari 85% nilai respons statik.

Tabel 4. 4 Reaksi Dasar Struktur

OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf
1,4D	Combination		0,0000	0,0000	44945,2520
1,2D+1,6L	Combination		0,0000	0,0000	66993,4050
1,2D+1L+1Qx	Combination	Max	4205,6220	1917,3410	56323,9420
1,2D+1L+1Qx	Combination	Min	-4205,6220	-1917,3410	56311,1910
1,2D+1L+1Qy	Combination	Max	811,5590	4108,2760	56326,2820
1,2D+1L+1Qy	Combination	Min	-811,5590	-4108,2760	56308,8510
0,9D+1Qx	Combination	Max	4205,6220	1917,3410	28899,7520
0,9D+1Qx	Combination	Min	-4205,6220	-1917,3410	28887,0000
0,9D+1Qy	Combination	Max	811,5590	4108,2760	28902,0920
0,9D+1Qy	Combination	Min	-811,5590	-4108,2760	28884,6610
1D	Combination		0,0000	0,0000	32103,7510
1D+1L	Combination		0,0000	0,0000	49896,8160

Dari tabel hasil output SAP diatas didapat berat struktur  
 $W = 49896,8160 \text{ kg}$

- Arah x:

$$C_{S \max x} = \frac{SDS}{R} = \frac{0,557}{\frac{4,5}{1,5}} = 0,104$$

$$C_{Sx} = \frac{SD_1}{T \frac{R}{I_e}} = \frac{0,308}{1,247 \frac{4,5}{1,5}} = 0,046$$

$$C_{S \times \min} = 0,044 \times S_{DS} \times I \geq 0,001$$

$$= 0,044 \times 0,557 \times 1,5 = 0,037$$

$$C_{S \times \min} < C_{Sx} < C_{S \times \max}$$

Maka diambil  $C_{Sx} = 0,046$

$$V_{xs} = C_{Sx} \times W_t = 0,046 \times 49896,8160 = 2310,137 \text{ kg}$$

$$0,85V_{xs} = 1963,60 \text{ kg}$$

- Arah y:

$$C_{S \max y} = \frac{SDS}{R} = \frac{0,557}{\frac{7}{1,5}} = 0,119$$



$$C_{Sy} = \frac{S_{D1}}{T_{le}^R} = \frac{0,308}{0,704 \times \frac{7}{1,5}} = 0,094$$

$$C_{Sy \min} = 0,044 \times S_{DS} \times I \geq 0,001$$

$$= 0,044 \times 0,557 \times 1,5 = 0,037$$

$$C_{Sy \min} < C_{Sy} < C_{Sy \max}$$

Maka diambil  $C_{Sy} = 0,094$

$$V_{ys} = C_{Sy} \times W_t = 0,094 \times 49896,8160 = 4679,654 \text{ kg}$$

$$0,85V_{ys} = 3977,71 \text{ kg}$$

Setelah dilakukan analisis gempa dinamis pada pemodelan struktur, diperoleh nilai untuk gaya Geser (Base Shear) akibat Respon Spectrum sesuai dengan arah yang ditinjau. Bisa dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4. 5 Gaya Geser Akibat Beban Gempa

OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY
Text	Text	Text	Kgf	Kgf
Qx	Combination	Max	4205,6220	1917,3410
Qx	Combination	Min	-4205,6220	-1917,3410
Qy	Combination	Max	811,5590	4108,2760
Qy	Combination	Min	-811,5590	-4108,2760

Kontrol :

Untuk gempa arah x

$$V_{dx} > 0,85V_{sx} \rightarrow 4205,6220 > 1963,60 \rightarrow \text{Ok!}$$

Untuk gempa arah y

$$V_{dy} > 0,85V_{sy} \rightarrow 4108,2760 > 3977,71 \rightarrow \text{Ok!}$$

#### 4.2.7.4. Kontrol Batas Simpangan (Drift)

Pembatasan simpangan antar lantai suatu struktur bertujuan untuk mencegah kerusakan non-struktur dan ketidaknyamanan penghuni. Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Pasal 7.9.3 untuk memenuhi persyaratan simpangan digunakan rumus :

$$\Delta_i \leq \Delta_a$$

Dimana :

$\Delta_i$  = Simpangan yang terjadi

$\Delta_a$  = Simpangan ijin antar lantai

Perhitungan  $\Delta i$  untuk tingkat 1 :

$$\Delta 1 = \frac{C_d \times \delta e1}{I_e}$$

Perhitungan  $\Delta i$  untuk tingkat 2 :

$$\Delta 1 = \frac{C_d \times (\delta e2 - \delta e1)}{I_e}$$

Dimana :

$\delta e1$  = Simpangan yang dihitung akibat beban gempa tingkat 1

$\delta e2$  = Simpangan yang dihitung akibat beban gempa tingkat 2

$C_d$  = Faktor pembesaran defleksi

$I_e$  = Faktor keutamaan gedung  $\rightarrow I_e = 1,5$

- Arah X (MRF)

Diketahui :

$R = 5$  (SNI 1726:2012 tbl.9)

$C_d = 4$  (SNI 1726:2012 tbl.9)

$\Delta a = 0,010 \times h_{sx}$  (SNI 1726:2012 tbl.16)

Dari hasil analisis dengan program SAP 2000, diperoleh nilai simpangan yang terjadi, kontrol sipangan menurut SNI 1726:2012 dapat dilihat pada Tabel 4.6 sebagai berikut.

Tabel 4. 6 Kontrol Simpangan Yang Terjadi Akibat Beban Gempa Arah X

Lantai	Elevasi	Tinggi Lantai ( $h_{sx}$ )	Simpangan ( $\delta_e$ )	Simpangan diperbesar ( $\delta$ )	Simpangan antar lantai ( $\Delta_i$ )	Simpangan antar lantai ijin ( $\Delta_o$ )	Ket.
	m	m	mm	mm	mm	mm	
1	+0,00	0,0	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	Ok!
2	+4,30	4,30	0,004679	0,018716	0,01872	43,00000	Ok!
3	+8,15	3,85	0,011282	0,045128	0,02641	38,50000	Ok!
4	+12,00	3,85	0,017872	0,071488	0,02636	38,50000	Ok!
5	+15,85	3,85	0,023903	0,095612	0,02412	38,50000	Ok!
6	+19,70	3,85	0,029262	0,117048	0,02144	38,50000	Ok!
7	+23,55	3,85	0,033801	0,135204	0,01816	38,50000	Ok!
8	+27,40	3,85	0,037345	0,149380	0,01418	38,50000	Ok!
9	+31,25	3,85	0,039788	0,159152	0,00977	38,50000	Ok!
10	+35,10	3,85	0,041375	0,165500	0,00635	38,50000	Ok!

- Arah Y (STF)

Diketahui :

$R = 7$  (SNI 1726:2012 tbl.9)

$C_d = 5,5$  (SNI 1726:2012 tbl.9)

$\Delta a = 0,010 \times h_{sx}$  (SNI 1726:2012 tbl.16)

Dari hasil analisis dengan program SAP 2000, diperoleh nilai simpangan yang terjadi, kontrol sipangan menurut SNI 1726:2012 dapat dilihat pada Tabel 4.7 sebagai berikut.

Tabel 4. 7 Kontrol Simpangan Yang Terjadi Akibat Beban Gempa Arah X

Lantai	Elevasi	Tinggi Lantai ( $h_{sx}$ )	Simpangan ( $\delta_e$ )	Simpangan diperbesar ( $\delta$ )	Simpangan antar lantai ( $\Delta_i$ )	Simpangan antar lantai ijin ( $\Delta_a$ )	Ket.
	m	m	mm	mm	mm	mm	
1	+0,00	0,0	0,000000	0,0000	0,0000	0,0000	Ok!
2	+4,30	4,30	0,007461	0,0298	0,0298	43,0000	Ok!
3	+8,15	3,85	0,012464	0,0499	0,0200	38,5000	Ok!
4	+12,00	3,85	0,016463	0,0659	0,0160	38,5000	Ok!
5	+15,85	3,85	0,020701	0,0828	0,0170	38,5000	Ok!
6	+19,70	3,85	0,024363	0,0975	0,0146	38,5000	Ok!
7	+23,55	3,85	0,028115	0,1125	0,0150	38,5000	Ok!
8	+27,40	3,85	0,031187	0,1247	0,0123	38,5000	Ok!
9	+31,25	3,85	0,033891	0,1356	0,0108	38,5000	Ok!
10	+35,10	3,85	0,036045	0,1442	0,0086	38,5000	Ok!

#### 4.3. Perencanaan Struktur Primer

Pada perencanaan struktur primer ini, dimensi dan struktur dibuat typikal untuk mempermudah perhitungan. Untuk perencanaan struktur primer ini berikut adalah data jenis baja yang dipakai :

Tipe Baja BJ 41

$$f_y = 250 \text{ Mpa} = 2500 \text{ Kg/cm}^2$$

$$E = 200000 \text{ Mpa} = 2000000 \text{ Kg/cm}^2$$

#### 4.3.1. Perencanaan Kolom Baja

Kolom baja direncanakan menggunakan profil WF 400 x 400 x 70 x 45. Data-data profil disajikan sebagai berikut :

W	= 605,0 kg/m	I <sub>y</sub>	= 94400 cm <sup>4</sup>
d	= 498 mm	i <sub>x</sub>	= 19,7 cm
bf	= 432 mm	i <sub>y</sub>	= 11,1 cm
tf	= 70 mm	S <sub>x</sub>	= 12000 cm <sup>3</sup>
tw	= 45 mm	S <sub>y</sub>	= 4370 cm <sup>3</sup>
A	= 770,1 cm <sup>2</sup>	Z <sub>x</sub>	= 14385 cm <sup>3</sup>
r	= 22 mm	Z <sub>y</sub>	= 6461 cm <sup>3</sup>
I <sub>x</sub>	= 298000 cm <sup>4</sup>	h	= d-2(tf+r) = 314 mm

Dari hasil analisis SAP 2000 didapatkan gaya dalam yang bekerja sebagai berikut :

M <sub>u</sub>	= 7449,29 kgm
V <sub>u</sub>	= 3771,44 kg
P <sub>u</sub>	= 219788,8 kg

##### 4.3.1.1. Kapasitas Momen Penampang

Plat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{314}{45} = 6,98$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{2 \cdot 10^6}{250}} = 106,35$$

$$\lambda_r = 5,70 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 5,70 \sqrt{\frac{2 \cdot 10^6}{250}} = 161,22$$

$$\lambda_{pf} > \lambda < \lambda_r$$

$$106,35 > 6,978 < 161,22 \rightarrow \textbf{Kompak}$$

Plat sayap

$$\lambda = \frac{b}{2tf} = \frac{432}{140} = 3,09$$

$$\lambda_{pw} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{2 \cdot 10^6}{250}} = 10,75$$

$$\lambda_r = 1,00 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,00 \sqrt{\frac{2 \cdot 10^6}{250}} = 28,28$$

$$\lambda_{pf} > \lambda < \lambda_r$$

$$10,75 > 3,09 < 28,28 \rightarrow \textbf{Kompak}$$

Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$   
 $M_p = f_y \cdot Z_x = 2500 \times 14385 = 35961413 \text{ kg.cm}$   
 $= 359614,1 \text{ kg.m}$

Cek Persyaratan Desain :

$M_u < \phi M_n$

$7449,3 < 0,9 \times 359614,1$

$7449,3 < 323652,71 \rightarrow \text{Ok!}$

#### 4.3.1.2. Kapasitas Kuat Tekan Penampang

Plat badan

$$\lambda = \frac{b}{t_w} = \frac{432}{45} = 9,60$$

$$\lambda_r = 1,49 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,49 \sqrt{\frac{2.10^6}{250}} = 42,14$$

$$\lambda_r > \lambda$$

$42,14 > 9,60 \rightarrow \text{Kompak}$

Plat sayap

$$\lambda = \frac{b}{2t_f} = \frac{432}{140} = 3,09$$

$$\lambda_r = 0,56 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,56 \sqrt{\frac{2.10^6}{250}} = 15,84$$

$$\lambda_r > \lambda$$

$15,84 > 3,09 \rightarrow \text{Kompak}$

Maka, perhitungan momen nominalnya ( $M_n$ ) adalah:

$K = 1$  (SNI 1729:2015 pasal 7.2 ayat 3a lampiran 7)

$$\text{Arah x} = \frac{K L}{r_x} = \frac{1 \times 385}{17,5} = 19,54$$

$$\text{Arah y} = \frac{K L}{r_y} = \frac{1 \times 385}{10,1} = 34,68$$

Maka yang dipakai adalah 34,68

$$\frac{K L}{r} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 34,68 \leq 4,71 \sqrt{\frac{2000000}{2500}}$$

$$= 34,68 \leq 133,22$$

Maka,  $F_{cr} = 0,658^{\frac{f_y}{f_e}} \times f_y$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{K L}{r}\right)^2} = \frac{\pi^2 200000}{\left(\frac{1 \times 385}{111}\right)^2} = 1640,795$$

$$F_{cr} = 0,658^{\frac{250}{1640,795}} \times 250 = 234,555 \text{ MPa} = 2345,55 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_n = F_{cr} \times A_g = 2345,55 \times 770,1 = 1806305,004 \text{ kg}$$

Cek Persyaratan Desain

$$\phi P_n \geq P_u$$

$$0,9 \times 1806305,004 \geq 219788,8$$

$$1625674,50 \text{ kg} \geq 219788,8 \text{ kg} \rightarrow \text{Ok!}$$

#### 4.3.1.3. Kontrol Kelangsingan Kolom

$$L_b = 385 \text{ cm}$$

$$L_p = 1,76 \times i_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \times 11,1 \sqrt{\frac{2.10^6}{2500}} = 552,56$$

$$L_b < L_p \rightarrow \text{Bentang pendek}$$

Karena bentang pendek, maka  $M_n = M_p$

$$M_p = f_y \times Z_x = 2500 \times 14385 = 35961412,5 \text{ kg.cm}$$

$$= 359614,125 \text{ kg.m}$$

Cek Persyaratan Desain

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$0,9 \times 359614,125 \geq 7449,3$$

$$323652,71 \text{ kg.m} \geq 7449,3 \text{ kg.m} \rightarrow \text{Ok!}$$

#### 4.3.1.4. Kuat Lentur dan Aksial Orde Kedua

- Kuat Lentur Orde Kedua ( $M_r$ ) Arah X

Didapatkan data perencanaan dari SAP dan bentuk struktur sebagai berikut :

$M_1$	$= 7102,82 \text{ kg.m}$	$P_r$	$= 435873,04 \text{ kg}$
$M_2$	$= 7449,49 \text{ kg.m}$	$L$	$= 385 \text{ cm}$
$M_{nt}$	$= 309,17 \text{ kg.m}$	$P_{nt}$	$= 216084,2 \text{ kg}$
$M_{lt}$	$= 7449,49 \text{ kg.m}$	$P_{lt}$	$= 219788,8 \text{ kg}$

#### Perhitungan Komponen $B_1$

$$P_{el} = \frac{\pi^2 EI_x}{(K_1 \times L)^2} = \frac{\pi^2 2.10^6 298000}{(1 \times 385)^2} = 39684832,0 \text{ kg}$$

$$C_m = 0,6 - 0,4 (M_1 / M_2) = 0,6 - 0,4 (7102,82 / 7449,49)$$

$$= 0,2186$$

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - aPr' / P_{el}} \leq 1$$

$$B_1 = \frac{0,2186}{1 - 1 \times 435873,04 / 39684832,0} \leq 1$$

$$0,221 \leq 1$$

Sehingga , digunakan  $B_1$  adalah 1,00

#### Perhitungan Komponen B<sub>2</sub>

$$P_{\text{story}} = 219788,8 \text{ kg}$$

$$\Delta h = 0,54 \text{ mm}$$

$$H = 5828,93 \text{ kg}$$

$$L = 3850 \text{ mm}$$

$$R_m = 1 - 0,15 (P_{mf} / P_{\text{story}}) = 1 - 0,15 (0 / 219788,84) = 1$$

$$P_{\text{estory}} = R_m \frac{H-L}{\Delta h} = 1 \frac{5828,93 - 3850}{0,54} = 41691447,46 \text{ kg}$$

$$B_2 = \frac{1}{1 - aP_{\text{story}} / P_{\text{estory}}} \leq 1$$

$$B_2 = \frac{1}{1 - 1 \times 219788,8 / 41691447,46} \geq 1$$

$$1,005 \geq 1$$

Sehingga , digunakan  $B_2$  adalah 1,005

Maka;

$$M_{rx} = (B_1 \times M_{nt}) + (B_2 \times M_{lt})$$

$$M_{rx} = (1 \times 309,17) + (1,005 \times 7449,49) = 7798,14 \text{ kg.m}$$

#### • Kuat Lentur Orde Kedua ( $M_r$ ) Arah Y

Didapatkan data perencanaan dari SAP dan bentuk struktur sebagai berikut :

$$M_1 = 1545,9 \text{ kg.m} \quad Pr' = 435873,04 \text{ kg}$$

$$M_2 = 2268,76 \text{ kg.m} \quad L = 385 \text{ cm}$$

$$M_{nt} = 2163,62 \text{ kg.m} \quad P_{nt} = 216084,2 \text{ kg}$$

$$M_{lt} = 2268,76 \text{ kg.m} \quad P_{lt} = 219788,8 \text{ kg}$$

#### Perhitungan Komponen B<sub>1</sub>

$$P_{el} = \frac{\pi^2 EI_x}{(K_1 \times L)^2} = \frac{\pi^2 2.10^6 94400}{(1 \times 385)^2} = 12571302,5 \text{ kg}$$

$$C_m = 0,6 - 0,4 (M_1 / M_2) = 0,6 - 0,4 (1545,9 / 2268,76) = 0,3274$$

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - aPr'/P_{el}} \leq 1$$

$$B_1 = \frac{0,3274}{1 - 1 \times 435873,04 / 12571302,5} \leq 1$$

$$0,3392 \leq 1$$

Sehingga , digunakan  $B_1$  adalah 1,00

#### Perhitungan Komponen $B_2$

$$P_{\text{story}} = 219788,8 \text{ kg} \quad \Delta h = 2,135 \text{ mm}$$

$$H = 20967,2 \text{ kg} \quad L = 3850 \text{ mm}$$

$$R_m = 1 - 0,15 (P_{mf} / P_{\text{story}}) = 1 - 0,15 (0 / 219788,8)$$

$$= 1$$

$$P_{\text{estory}} = R_m \frac{H-L}{\Delta h} = 1 \frac{20967,2 - 3850}{2,135} = 37816400,28 \text{ kg}$$

$$B_2 = \frac{1}{1 - aP_{\text{story}}/P_{\text{estory}}} \leq 1$$

$$B_2 = \frac{1}{1 - 1 \times 219788,8 / 37816400,28} \geq 1$$

$$1,006 \geq 1$$

Sehingga , digunakan  $B_2$  adalah 1,006

Maka;

$$M_{rx} = (B_1 \times M_{nt}) + (B_2 \times M_{lt})$$

$$M_{rx} = (1 \times 2163,62) + (1,006 \times 2268,76) = 4445,6431$$

kg.m

- Kuat Aksial Orde Kedua

$$P_{nt} = 216084,2 \text{ kg} \quad B_2 = 1,006$$

$$P_{lt} = 219788,84 \text{ kg}$$

$$Pr = P_{nt} + (B_2 \times P_{lt}) = 216084,2 + (1,006 \times 219788,84)$$

$$= 437157,92 \text{ kg}$$

#### **4.3.1.5. Kontrol Interaksi Aksial dan Momen**

Didapatkan dari perhitungan sebelumnya, berikut data perencanaan interaksi:

$$M_n = 359614,125 \text{ kg.m} \quad P_u = 437157,92 \text{ kg}$$

$$P_n = 1806305,00 \text{ kg}$$



- Perhitungan komponen interaksi aksial-momen

$$\phi P_n = 0,9 \times 1806305,00 = 1625674,5 \text{ kg}$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 359614,125 = 323652,713 \text{ kg.m}$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} \geq 0,2 = \frac{437157,92}{1625674,5} \geq 0,2$$

$$0,269 \geq 0,2$$

Maka rumus interaksinya:

$$\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{ux}}{\phi M_n} + \frac{M_{uy}}{\phi M_n} \right) \leq 1$$

$$0,30 \leq 1$$

Kontrol aksial momen

$$0,30 \leq 1 \text{ Ok!}$$

#### 4.3.2. Perencanaan Spandrel Beam (Lantai)

Balok induk direncanakan menggunakan profil WF 588 x 300 x 12 x 20

$$W = 151 \text{ kg/m}$$

$$r = 28 \text{ mm}$$

$$d = 588 \text{ mm}$$

$$I_x = 118000 \text{ cm}^4$$

$$b_f = 300 \text{ mm}$$

$$I_y = 9020 \text{ cm}^4$$

$$t_f = 20 \text{ mm}$$

$$i_y = 6,85 \text{ cm}$$

$$t_w = 12 \text{ mm}$$

$$Z_x = 4309 \text{ cm}^3$$

$$A = 192,5 \text{ cm}^2$$

$$h_w = 588 - 2(20 + 28) = 492 \text{ mm}$$

Dari analisis program bantu SAP 2000, didapatkan gaya dalam dan lendutan yang terjadi pada balok induk memanjang adalah sebagai berikut :

$$M_u = 38254,41 \text{ kgm}$$

$$V_u = 18455,49 \text{ kg}$$

$$f = 0,0036 \text{ cm (beban kerja)}$$

##### 4.3.2.1. Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lokal

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{492}{12} = 41$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$

$$\lambda \leq \lambda_{pw} \rightarrow 41 < 106,35 \rightarrow \text{kompak}$$

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{300}{2 \times 20} = 7,5$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

$$\lambda \leq \lambda_{pf} \rightarrow 7,5 < 10,75 \rightarrow \text{kompak}$$

Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 4309 = 10772280 \text{ kg.cm} \\ &= 107722,8 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Cek kemampuan penampang :

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$0,9 \times 107722,8 > 38254,41$$

$$96950,52 \text{ kgm} > 38254,41 \text{ kg.m} \text{ Ok!}$$

#### 4.3.2.2. Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lateral

$$L_b = 4 \text{ m} = 400 \text{ cm}$$

Dari tabel profil untuk profil WF 600 x 300 x 12 x 20 dengan BJ 41, diperoleh :

$$L_p = 340,996 \text{ cm}$$

$$L_r = 1003,878 \text{ cm}$$

Cek Persyaratan :

$$L_p < L_b < L_r$$

$$341,00 < 400 < 1003,88 \rightarrow \text{Bentang Menengah}$$

Maka, Perhitungan Momen Nominalnya ( $M_n$ ) adalah :

$$M_n = C_b (M_p - (M_p - 0,7f_y S_x)) \left( \frac{L_b}{L_r} - \frac{L_p}{L_r} \right)$$

Dimana :

$$\text{Momen } \frac{1}{4} \text{ bentang } (M_a) = 17552,69 \text{ kg.m}$$

$$\text{Momen } \frac{1}{2} \text{ bentang } (M_b) = 724,70 \text{ kg.m}$$

$$\text{Momen } \frac{3}{4} \text{ bentang } (M_c) = 17619,12 \text{ kg.m}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{max}}{2,5 M_{max} + 3 M_a + 4 M_b + 3 M_c} < 2,27$$

$$C_b = \frac{12,5 \times 38254,41}{2,5 \times 38254,41 + 3 \times 17552,69 + 4 \times 724,70 + 3 \times 17619,12} = 4,411$$

Maka dipakai  $C_b = 2,27$

$$M_n = 2,27(107722,8 - (107722,8 - 0,7 \times 2500 \times 4020)) \left( \frac{400}{1003,88} - \frac{341}{341} \right) = 23697927 \text{ kg.cm} = 236979,27 \text{ kg.m}$$

$236979,27 \text{ kg.m} > 107722,8 \text{ kg.m} \rightarrow \text{maka } M_n = 107722,8 \text{ kg.m}$

Cek Persyaratan Desain :

$$M_u < \phi M_n$$

$$38254,4 < 0,9 \times 107722,8$$

$$38254,4 < 96950,52 \rightarrow \text{Ok!}$$

#### 4.3.2.3. Kontrol Kuat Geser

$$\frac{h}{t_w} = \frac{492}{12} = 41$$

$$1,10 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} = 1,10 \sqrt{\frac{5 \times 2000000}{2500}} = 69,57$$

$$\text{karena } \frac{h}{t_w} < 1,10 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} \rightarrow 41 < 69,57$$

maka  $C_v = 1$ ; sehingga

$$V_n = 0,6 f_y A_w C_v = 0,6 \times 2500 \times (58,8 \times 1,2) \times 1 = 105840 \text{ kg}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$0,9 \times 105840 > 33415,4 \text{ kg}$$

$$95256 \text{ kg} > 33415,4 \text{ kg} \rightarrow \text{Ok!}$$

#### 4.3.2.4. Kontrol Lendutan

Batas Lendutan Maksimum

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{400}{360} = 1,11 \text{ cm}$$

Lendutan Pada Balok Induk Memanjang Hasil Output SAP 2000

$$f = 0,000036 \text{ mm} = 0,0036 \text{ cm}$$

Cek Kontrol Lendutan :

$$f < f_{ijin}$$

$$0,0036 < 1,111 \rightarrow \text{Ok!}$$

#### 4.3.3. Perencanaan Spandrel Beam (Atap)

Balok induk atap direncanakan menggunakan profil WF 600 x 200 x 11 x 17

$$\begin{aligned}
 W &= 106 \text{ kg/m} & r &= 22 \text{ mm} \\
 d &= 600 \text{ mm} & I_x &= 77600 \text{ cm}^4 \\
 b_f &= 200 \text{ mm} & I_y &= 2280 \text{ cm}^4 \\
 t_f &= 17 \text{ mm} & i_y &= 4,12 \text{ cm} \\
 t_w &= 11 \text{ mm} & Z_x &= 2863 \text{ cm}^3 \\
 A &= 134,4 \text{ cm}^2 & h_w &= 600 - 2(17 + 22) = 522 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dari analisis program bantu SAP 2000, didapatkan gaya dalam dan lendutan yang terjadi pada balok induk memanjang adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 M_u &= 7830,87 \text{ kg.m} \\
 V_u &= 4035,56 \text{ kg} \\
 f &= 0,0041 \text{ cm (beban kerja)}
 \end{aligned}$$

##### 4.3.3.1. Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lokal

Pelat badan

$$\begin{aligned}
 \lambda &= \frac{h}{t_w} = \frac{522}{11} = 47,45 \\
 \lambda_{pw} &= 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35 \\
 \lambda &\leq \lambda_{pw} \rightarrow 47,45 < 106,35 \rightarrow \text{kompak}
 \end{aligned}$$

Pelat sayap

$$\begin{aligned}
 \lambda &= \frac{b_f}{2t_f} = \frac{200}{2 \times 17} = 5,88 \\
 \lambda_{pf} &= 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75 \\
 \lambda &\leq \lambda_{pf} \rightarrow 5,88 < 10,75 \rightarrow \text{kompak}
 \end{aligned}$$

Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned}
 M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 2863 = 7157948 \text{ kg.cm} \\
 &= 71579,5 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Cek kemampuan penampang :

$$\begin{aligned}
 \phi_b \cdot M_n &\geq M_u \\
 0,9 \times 71579,5 &> 7830,87 \\
 64421,53 \text{ kgm} &> 7830,87 \text{ kg.m} \quad \mathbf{Ok!}
 \end{aligned}$$

#### 4.3.3.2. Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lateral

$$L_b = 4 \text{ m} = 400 \text{ cm}$$

Dari tabel profil untuk profil WF 600 x 200 x 11 x 17 dengan BJ 41, diperoleh :

$$L_p = 205,095 \text{ cm}$$

$$L_r = 605,41 \text{ cm}$$

Cek Persyaratan :

$$L_p < L_b < L_r$$

$$205,095 < 400 < 605,41 \rightarrow \text{Bentang Menengah}$$

Maka, Perhitungan Momen Nominalnya ( $M_n$ ) adalah :

$$M_n = C_b (M_p - (M_p - 0,7 f_y S_x)) \left( \frac{L_b}{L_r} - \frac{L_p}{L_r} \right)$$

Dimana :

$$\text{Momen } \frac{1}{4} \text{ bentang } (M_a) = 3766,21 \text{ kg.m}$$

$$\text{Momen } \frac{1}{2} \text{ bentang } (M_b) = 551,23 \text{ kg.m}$$

$$\text{Momen } \frac{3}{4} \text{ bentang } (M_c) = 3390,00 \text{ kg.m}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{max}}{2,5 M_{max} + 3 M_a + 4 M_b + 3 M_c} < 2,27$$

$$C_b = \frac{12,5 \times 7830,87}{2,5 \times 7830,87 + 3 \times 3766,21 + 4 \times 551,23 + 3 \times 3390,00} = 4,135$$

Maka dipakai  $C_b = 2,27$

$$M_n = 2,27 (71579,5 - (71579,5 - 0,7 \times 2500 \times 2590)) \left( \frac{400}{605,41} - \frac{205,095}{205,095} \right) = 13346838 \text{ kg.cm} = 133468,38 \text{ kg.m}$$

$$133468,38 \text{ kg.m} > 71579,5 \text{ kg.m} \rightarrow \text{maka } M_n = 71579,5 \text{ kg.m}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$M_u < \phi M_n$$

$$7830,87 < 0,9 \times 71579,5$$

$$7830,87 < 64421,53 \rightarrow \text{Ok!}$$

#### 4.3.3.3. Kontrol Kuat Geser

$$\frac{h}{t_w} = \frac{522}{11} = 47,5$$

$$1,10 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} = 1,10 \sqrt{\frac{5 \times 2000000}{2500}} = 69,57$$

$$\text{karena } \frac{h}{t_w} < 1,10 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} \rightarrow 47,5 < 69,57$$

maka  $C_v = 1$ ; sehingga

$$V_n = 0,6 f_y A_w C_v = 0,6 \times 2500 \times (60,0 \times 1,1) \times 1 = 99000 \text{ kg}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$0,9 \times 99000 > 4035,56 \text{ kg}$$

$$89100 \text{ kg} > 4035,56 \text{ kg} \rightarrow \text{Ok!}$$

#### 4.3.3.4. Kontrol Lendutan

Batas Lendutan Maksimum

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{400}{360} = 1,11 \text{ cm}$$

Lendutan Pada Balok Induk Memanjang Hasil Output

SAP 2000

$$f = 0,000041 \text{ mm} = 0,0041 \text{ cm}$$

Cek Kontrol Lendutan :

$$f < f_{ijin}$$

$$0,0041 < 1,111 \rightarrow \text{Ok!}$$

#### 4.3.4. Perencanaan Vierendel Panel

Vierendel Panel direncanakan menggunakan profil WF

298 x 149 x 8 x 5,5

$$W = 32 \text{ kg/m}$$

$$r = 13 \text{ mm}$$

$$d = 298 \text{ mm}$$

$$I_x = 6320 \text{ cm}^4$$

$$b_f = 149 \text{ mm}$$

$$I_y = 442 \text{ cm}^4$$

$$t_f = 8 \text{ mm}$$

$$i_y = 3,29 \text{ cm}$$

$$t_w = 5,5 \text{ mm}$$

$$Z_x = 455 \text{ cm}^3$$

$$A = 40,8 \text{ cm}^2$$

$$h_w = 256 \text{ mm}$$

Dari analisis program bantu SAP 2000, didapatkan gaya dalam dan lendutan yang terjadi pada balok induk memanjang adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_u &= 1676,69 \text{ kgm} \\ V_u &= 1982,98 \text{ kg} \\ f &= 0,0210 \text{ cm (beban kerja)} \end{aligned}$$

#### 4.3.4.1. Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lokal

Pelat badan

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{h}{t_w} = \frac{256}{5,5} = 46,55 \\ \lambda_{pw} &= 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35 \\ \lambda &\leq \lambda_{pw} \rightarrow 41 < 106,35 \rightarrow \text{kompak} \end{aligned}$$

Pelat sayap

$$\begin{aligned} \lambda &= \frac{b_f}{2t_f} = \frac{149}{2 \times 8} = 9,3125 \\ \lambda_{pf} &= 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75 \\ \lambda &\leq \lambda_{pf} \rightarrow 7,5 < 10,75 \rightarrow \text{kompak} \end{aligned}$$

Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 455 = 1137564 \text{ kg.cm} \\ &= 11375,6 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Cek kemampuan penampang :

$$\begin{aligned} \phi_b \cdot M_n &\geq M_u \\ 0,9 \times 11375,6 &> 1676,69 \\ 10238,07 \text{ kgm} &> 1676,69 \text{ kg.m} \text{ **Ok!**} \end{aligned}$$

#### 4.3.4.2. Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lateral

$$L_b = 3 \text{ m} = 300 \text{ cm}$$

Dari tabel profil untuk profil WF 298 x 149 x 8 x 5,5 dengan BJ 41, diperoleh :

$$L_p = 163,777 \text{ cm}$$

$$L_r = 458,42 \text{ cm}$$

Cek Persyaratan :

$$L_p < L_b < L_r$$

$$341,00 < 400 < 1003,88 \rightarrow \text{Bentang Menengah}$$

Maka, Perhitungan Momen Nominalnya ( $M_n$ ) adalah :

$$M_n = C_b(M_p - (M_p - 0,7f_y S_x)) \left( \frac{L_b}{L_r} - \frac{L_p}{L_r} \right)$$

Dimana :

$$\text{Momen } \frac{1}{4} \text{ bentang } (M_a) = 771,80 \text{ kg.m}$$

$$\text{Momen } \frac{1}{2} \text{ bentang } (M_b) = 401,28 \text{ kg.m}$$

$$\text{Momen } \frac{3}{4} \text{ bentang } (M_c) = 781,16 \text{ kg.m}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{max}}{2,5 M_{max} + 3M_a + 4M_b + 3M_c} < 2,27$$

$$C_b = \frac{12,5 \times 1676,69}{2,5 \times 1676,69 + 3 \times 771,80 + 4 \times 401,28 + 3 \times 781,16} = 3,346$$

Maka dipakai  $C_b = 2,27$

$$M_n = 2,27(11375,6 - (11375,6 - 0,7 \times 2500 \times 424)) \left( \frac{300}{458,4} - \frac{163,8}{163,8} \right) = 2167122 \text{ kg.cm} = 22671,22 \text{ kg.m}$$

$$22671,22 \text{ kg.m} > 11375,6 \text{ kg.m} \rightarrow \text{maka } M_n = 11375,6 \text{ kg.m}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$M_u < \phi M_n$$

$$1676,7 < 0,9 \times 11375,6$$

$$1676,7 < 10238,07 \rightarrow \text{Ok!}$$

#### 4.3.4.3. Kontrol Kuat Geser

$$\frac{h}{t_w} = \frac{256}{5,5} = 47$$

$$1,10 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} = 1,10 \sqrt{\frac{5 \times 2000000}{2500}} = 69,57$$

$$\text{karena } \frac{h}{t_w} < 1,10 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} \rightarrow 47 < 69,57$$

maka  $C_v = 1$ ; sehingga

$$V_n = 0,6 f_y A_w C_v = 0,6 \times 2500 \times 16,4 \times 1 = 24585 \text{ kg}$$



Cek Persyaratan Desain :

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$0.9 \times 24585 > 1983 \text{ kg}$$

$$22126,5 \text{ kg} > 1983 \text{ kg} \rightarrow \text{Ok!}$$

#### 4.3.4.4. Kontrol Lendutan

Batas Lendutan Maksimum

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{300}{360} = 0,83 \text{ cm}$$

Lendutan Pada Balok Induk Memanjang Hasil Output SAP 2000

$$f = 0,000021 \text{ mm} = 0,0021 \text{ cm}$$

Cek Kontrol Lendutan :

$$f < f_{ijin}$$

$$0,0021 < 0,83 \rightarrow \text{Ok!}$$

#### 4.3.5. Perencanaan Truss Chord

Truss Chord direncanakan menggunakan profil WF 294 x 200 x 12 x 8

$$W = 57 \text{ kg/m}$$

$$r = 18 \text{ mm}$$

$$d = 294 \text{ mm}$$

$$I_x = 11300 \text{ cm}^4$$

$$b_f = 200 \text{ mm}$$

$$I_y = 1600 \text{ cm}^4$$

$$t_f = 12 \text{ mm}$$

$$i_y = 4,71 \text{ cm}$$

$$t_w = 8 \text{ mm}$$

$$Z_x = 823 \text{ cm}^3$$

$$A = 72,4 \text{ cm}^2$$

$$h_w = 234 \text{ mm}$$

Dari analisis program bantu SAP 2000, didapatkan gaya dalam dan lendutan yang terjadi pada balok induk memanjang adalah sebagai berikut :

$$M_u = 4005,21 \text{ kgm}$$

$$V_u = 5037,83 \text{ kg}$$

$$f = 0,0121 \text{ cm (beban kerja)}$$

#### 4.3.5.1. Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lokal

Pelat badan

$$\lambda = \frac{h}{t_w} = \frac{234}{8} = 29,25$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,35$$

$$\lambda \leq \lambda_{pw} \rightarrow 29,25 < 106,35 \rightarrow \text{kompak}$$

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{2t_f} = \frac{200}{2 \times 12} = 8,33$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

$$\lambda \leq \lambda_{pf} \rightarrow 8,33 < 10,75 \rightarrow \text{kompak}$$

Karena penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 823 = 2056500 \text{ kg.cm} \\ &= 20565 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Cek kemampuan penampang :

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$0,9 \times 20565 > 4005,2$$

$$18508,05 \text{ kg.m} > 4005,2 \text{ kg.m} \text{ **Ok!**}$$

#### 4.3.5.2. Kontrol Penampang Terhadap Tekuk Lateral

$$L_b = 1,5 \text{ m} = 150 \text{ cm}$$

Dari tabel profil untuk profil WF 294 x 200 x 12 x 8 dengan BJ 41, diperoleh :

$$L_p = 234,465 \text{ cm}$$

$$L_r = 742,89 \text{ cm}$$

Cek Persyaratan :

$$L_p < L_b < L_r$$

$$234,465 > 150 < 742,89 \rightarrow \text{Bentang Pendek}$$

Maka, Perhitungan Momen Nominalnya ( $M_n$ ) adalah :

$$\begin{aligned} M_p &= f_y \cdot Z_x = 2500 \times 823 = 2056500 \text{ kg.cm} \\ &= 20565 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Cek kemampuan penampang :

$$\phi_b \cdot M_n \geq M_u$$

$$0,9 \times 20565 > 4005,2$$

$$18508,05 \text{ kg.m} > 4005,2 \text{ kg.m} \text{ **Ok!**}$$

#### 4.3.5.3. Kontrol Kuat Geser

$$\frac{h}{t_w} = \frac{234}{8} = 29,25$$

$$1,10 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} = 1,10 \sqrt{\frac{5 \times 2000000}{2500}} = 69,57$$

$$\text{karena } \frac{h}{t_w} < 1,10 \sqrt{\frac{K_v E}{f_y}} \rightarrow 29,25 < 69,57$$

maka  $C_v = 1$ ; sehingga

$$V_n = 0,6 f_y A_w C_v = 0,6 \times 2500 \times 23,25 \times 1 = 35280 \text{ kg}$$

Cek Persyaratan Desain :

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$0,9 \times 35280 > 5037,8 \text{ kg}$$

$$31752 \text{ kg} > 5037,8 \text{ kg} \rightarrow \text{Ok!}$$

#### 4.3.5.4. Kontrol Lendutan

Batas Lendutan Maksimum

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{150}{360} = 0,42 \text{ cm}$$

Lendutan Pada Balok Induk Memanjang Hasil Output

SAP 2000

$$f = 0,000121 \text{ mm} = 0,0121 \text{ cm}$$

Cek Kontrol Lendutan :

$$f < f_{ijin}$$

$$0,0121 < 0,42 \rightarrow \text{Ok!}$$

#### 4.3.6. Perencanaan Truss Diagonal

Direncanakan profil : HSS 200 x 200 x 12

$$A = 86,76 \text{ cm}^2 \quad I_x = 4980 \text{ cm}^4$$

$$W = 67,92 \text{ Kg/m} \quad I_y = 4980 \text{ cm}^4$$

$$h = 200 \text{ mm} \quad r = 18 \text{ mm}$$

$$b = 200 \text{ mm} \quad Z_x = 498 \text{ cm}^3$$

$$i_y = 7,59 \text{ cm} \quad H = 140 \text{ mm}$$

$$i_x = 7,59 \text{ cm} \quad t_w = 12 \text{ mm}$$

$$R_u = 58799,21 \text{ kg}$$

**4.3.6.1. Syarat Kelangsingan**

$$\frac{L_k}{r_{min}} \leq 300$$

$$r_{min} = \frac{L_k}{300} = \frac{413}{300} = 1,375 \text{ cm}$$

**4.3.6.2. Kontrol Kelangsingan**

$$\frac{L_k}{r_{min}} = \frac{413}{7,59} = 54,36 \leq 300 \text{ Ok!}$$

**4.3.7. Perencanaan Truss Vertikal**

Direncanakan profil : HSS 200 x 200 x 12

$$A = 86,76 \text{ cm}^2 \quad I_x = 4980 \text{ cm}^4$$

$$W = 67,92 \text{ Kg/m} \quad I_y = 4980 \text{ cm}^4$$

$$h = 200 \text{ mm} \quad r = 18 \text{ mm}$$

$$b = 200 \text{ mm} \quad Z_x = 498 \text{ cm}^3$$

$$i_y = 7,59 \text{ cm} \quad H = 140 \text{ mm}$$

$$i_x = 7,59 \text{ cm} \quad t_w = 12 \text{ mm}$$

$$R_u = 105362,1 \text{ kg}$$

**4.3.7.1. Syarat Kelangsingan**

$$\frac{K.L_k}{r_{min}} \leq 200$$

$$r_{min} = \frac{K.L_k}{200} = \frac{1.385}{200} = 1,925 \text{ cm}$$

**4.3.7.2. Kontrol Kelangsingan**

$$\frac{K.L_k}{r_{min}} = \frac{1.385}{7,59} = 50,725 \leq 200 \text{ Ok!}$$

**4.3.7.3. Cek Kelangsingan Profil**

$$\frac{b}{t} \leq 0,56 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{100}{12} \leq 0,56 \sqrt{\frac{200000}{2500}}$$

$$8,333 \leq 12,728 \text{ Penampang non langsing}$$

**4.3.7.4. Tekuk Lentur**

$$\frac{K_L}{r} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$\frac{3850}{75,9} \leq 4,71 \sqrt{\frac{2000000}{2500}}$$

$$50,725 \leq 133,219 \quad \text{Ok!}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{K_L}{r}\right)^2} = \frac{9,8696 \times 2000000}{\left(\frac{3850}{75,9}\right)^2} = 767,17 \text{ Mpa}$$

$$\frac{f_y}{F_e} \leq 2,25$$

$$\frac{250}{767,17} \leq 2,25$$

$$0,326 \leq 2,25 \quad \text{Ok!}$$

Jadi,

$$F_{cr} = 0,658 \frac{f_y}{F_e} = 669,355 \text{ Mpa}$$

$$F_{cr} = 0,877 \times F_e = 672,808 \text{ Mpa}$$

$$P_n = F_{cr} \times A_g = 672,808 \times 8676 = 5837285,98 \text{ N}$$

#### 4.3.7.5. Tekuk Torsi

$$a = 10 \text{ cm}$$

$$K_i = 0,5$$

Untuk komponen struktur simetris :

$$F_e = \left( \frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L)^2} + GJ \right) \frac{1}{I_x I_y}$$

$$C_w = \frac{I_y \times h_o^2}{4} = \frac{4980 \times 196}{4} = 244020$$

$$\text{maka, } F_e = \left( \frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L)^2} + GJ \right) \frac{1}{I_x I_y} = 388,77 \text{ Mpa}$$

$$F_{cr} = 0,658 \frac{f_y}{F_e} = 191 \text{ Mpa}$$

$$F_{cr} = 0,877 \times F_e = 340,95 \text{ Mpa}$$

$$P_n = F_{cr} \times A_g = 191 \times 8676 = 1657179,83 \text{ N}$$

Nilai yang menentukan,  $P_n = 1657179,83 \text{ N}$

Cek kekuatan tekan desain :

$$\phi P_n \geq P_u$$

$$0,9 \times 165717,983 \geq 105362,1 \text{ kg}$$

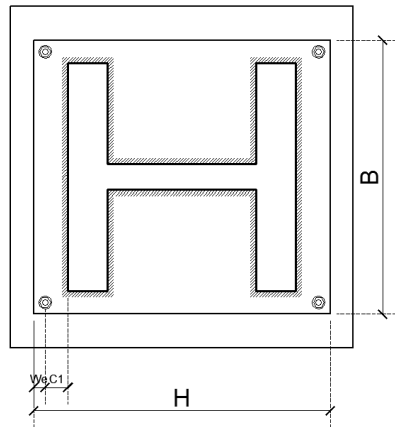
$$149146,1847 \text{ kg} \geq 105362,1 \text{ kg} \quad \text{Ok!}$$

#### 4.3.8. Perencanaan Kolom Pedestal dan Base Plate

Direncanakan baseplate menumpu pada kolom pedestal dibawahnya, maka dimensi pelat landas didesain agar kolom beton dibawahnya tidak rusak.

Kolom WF 498 x 432 x 45 x 70

d	= 498 mm	tf	= 70 mm
bf	= 432 mm	tw	= 45 mm
m	= 24 mm		



Gambar 4. 12 Tampak Atas Kolom Pedestal

- Dimensi Baseplate

$$C_1 = 3,06 \text{ cm}$$

$$W_e = 2,76 \text{ cm}$$

$$\text{diambil } C_1 = W_e = 3,25 \text{ cm}$$

$$H = 498 + 2 \times 6,50 = 511 \text{ mm} \approx 520 \text{ mm}$$

$$B = 432 + 2 \times 20 = 472 \text{ mm} \approx 480 \text{ mm}$$

- Dimensi Pondasi Pedestal

$$\text{Panjang} = 520 + 2 \times 24 = 568 \approx 600 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar} = 480 + 2 \times 24 = 528 \approx 600 \text{ mm}$$

$$A_g = 360000 \text{ mm}^2$$

Direncanakan :

$d = 40 \text{ mm}$  (selimut beton)

Tulangan geser  $\emptyset 12 \text{ mm}$

Tulangan lentur D25 mm

$d' = 600 - (40 + 12 + 0,5 \times 25) = 536 \text{ mm}$   
 $= 53,6 \text{ cm} \approx 55 \text{ cm}$

$f_c = 30 \text{ Mpa} = 300 \text{ kg/cm}^2$

Gaya dalam output SAP :

$M_u = 7449,29 \text{ kg.m}$                        $M_{ux} = 7102,82 \text{ kg.m}$

$V_u = 3771,44 \text{ kg}$                                $M_{uy} = 1545,9 \text{ kg.m}$

$P_u = 219789 \text{ kg}$                                $\rho \text{ pakai} = 1,67 \%$

Perencanaan Tulangan Lentur

$A_{s\text{pakai}} = \rho \times b \times d = 1,67 \% \times 600 \times 550 = 5511 \text{ mm}^2$

$A_{s\text{pas}} = 6000 \text{ mm}^2$  (pcacol)

Cek persyaratan desain :

$A_{s\text{pakai}} \geq A_{s\text{pas}}$

$6000 > 5511$  **Ok!**

Perencanaan Tulangan Geser

$$\begin{aligned} V_c &= 2 \left( 1 + \frac{P_u}{14.A_g} \right) \times \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c} \times b \times d' \\ &= 2 \left( 1 + \frac{219789}{14.360000} \right) \times \frac{1}{6} \times \sqrt{30} \times 60 \times 55 \\ &= 83088,1 \text{ kg} \end{aligned}$$

$\emptyset V_c = 0,6 \times 83088 = 49852,9 \text{ kg}$

Cek persyaratan desain :

$\emptyset V_c > V_u$

$49852,9 > 3771,44$  **Ok!**

- Perhitungan Ketebalan Pelat Landas

Kuat Tumpu Pedestal

Kolom pedestal direncanakan adalah kolom dengan material beton, sehingga kuat tumpu yang digunakan adalah kuat tumpu beton dengan perhitungan sebagai berikut :

$$f_{p_{\max}} = \phi \times 0,85 \times f_c' = 0,65 \times 0,85 \times 30 = 16,58 \text{ Mpa}$$

$$= 165,75 \text{ kg/cm}^2$$

Direncanakan baseplate langsung menumpu pada kolom pedestal dibawahnya, maka agar kolom beton dibawahnya tidak rusak dengan syarat sebagai berikut :

$$f_p = \frac{Pu}{B \times H} = \frac{219788,8}{48 \times 52} = 88,06 \text{ kg/cm}^2$$

Cek persyaratan desain :

$$f_p \leq f_{p_{\max}}$$

$$88,06 < 165,75$$

#### Kuat Perlu pada Pelat Landas

$$M_{pl} = 0,5 \times f_p \times l^2$$

$$= 0,5 \times 88,06 \times 12^2 = 5920,03 \text{ kg.cm/cm}$$

Dimana nilai l diambil terbesar dari m, n,  $\lambda n'$  dengan perumusan sebagai berikut :

$$m = \frac{N - 0,95 \times d}{2} = \frac{52 - 0,95 \times 49,8}{2} = 2,345 \text{ cm}$$

$$n = \frac{B - 0,8 \times bf}{2} = \frac{48 - 0,8 \times 43,2}{2} = 6,72 \text{ cm}$$

$$\lambda n' = \frac{1}{4} \lambda \sqrt{d \times bf} = \frac{1}{4} 1 \sqrt{49,8 \times 43,2} = 11,6 \text{ (menentukan)}$$

Dikarenakan baseplate juga menerima momen maka di asumsikan terdapat efek eksentrisitas (e) terhadap baseplate dengan perhitungan sebagai berikut :

$$q_{\max} = f_{p_{\max}} \times B = 165,75 \times 48 = 7956 \text{ kg/cm}$$

$$e = \frac{Mu}{Pu} = 3,39 \text{ cm}$$

$$e_{\text{kritis}} = \frac{H}{6} = 8,67 \text{ cm}$$

Cek persyaratan desain :

$$e \leq e_{\text{kritis}}$$

$$3,39 < 8,67 \text{ Angkur praktis}$$

Termasuk dalam kategori baseplate yang memikul gaya aksial, gaya geser dan juga momen lentur dengan intensitas yang cukup kecil, sehingga distribusi tegangan tidak terjadi sepanjang baseplate terangkat, namun momen lentur yang bekerja masih belum mengakibatkan baseplate terangkat dari beton penumpu.



Angkur terpasang hanya berfungsi sebagai penahan gaya geser, disamping itu angkur juga berfungsi menjaga stabilitas struktur selama masa konstruksi.

#### Tebal Pelat Landas (Base Plate)

Ketebalan pelat landas direncanakan dengan perhitungan dan control terhadap sisi desak yang terjadi dengan ketentuan sebagai berikut :

$$Y = \frac{Pu}{q_{max}} = \frac{219788,8}{7956} = 27,626 \text{ cm}$$

$$m = 2,345 \text{ cm}$$

#### 1. Tebal Pelat Landas minimum ( $tp_{min}$ )

Tebal pelat landas minimum ditentukan berdasarkan kondisi batas leleh pelat landas dengan ketentuan sebagai berikut :

$$tp \geq \sqrt{\frac{4 \times M_{pl}}{\phi f_y}}$$

$$\geq \sqrt{\frac{23680,13}{2250}}$$

$$tp \geq 3,2 \text{ cm}$$

#### 2. Tebal Pelat Landas akibat Kontrol Desak Momen

Tebal pelat landas akibat momen yang terjadi akibat tegangan reaksi beton pada kantilever (m) ditentukan dengan ketentuan sebagai berikut :

Apabila didapatkan  $Y > m$  maka menggunakan **syarat 1**

$$tp \geq 1,5 \times m \times \sqrt{\frac{f_p}{f_y}}$$

$$\geq 1,5 \times 2,35 \times \sqrt{\frac{88,06}{2500}}$$

$$tp \geq 0,7 \text{ cm}$$

Sehingga tebal pelat landas  $tp = 4 \text{ cm}$

- Perhitungan Baut Angkur

Data Perencanaan :

Mutu Baut A325

$$f_{ub} = 825 \text{ Mpa} = 8250 \text{ kg/cm}^2$$

$\varnothing$  baut = 16 mm

$$A_b = 2,011 \text{ cm}^2$$

$$r_1 = 0.5$$

$$m = 2$$

Lubang Bor Baut = 2 mm

Perhitungan Kuat Nominal pada Baut Angkur

Kuat Geser

$$V_n = r_1 f_u^b m A_b = 0,5 \times 8250 \times 1 \times 2,011 = 8293,805 \text{ kg}$$

$$\phi V_n = 0,75 \times 8293,805 = 6220,35 \text{ kg} \text{ **menentukan !**}$$

Kuat Tumpu

$$R_n = 2,4 d b t p f_u = 2,4 \times 1,6 \times 4 \times 4100 = 62976 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0,75 \times 62976 = 47232 \text{ kg}$$

Maka, Kuat Nominal Sambungan yang menentukan = 6220,35 kg

Jumlah Sambungan

$$n = \frac{Vu}{\phi V_n} = \frac{3771,44}{6220,35} = 0,6 \approx 2 \text{ buah}$$

Panjang Angkur

$$L_{db} = \frac{0,02 \times A_b \times f_y}{\sqrt{f'c}} = \frac{0,02 \times 201 \times 585}{5,48} = 429 \text{ mm} = 42,9 \text{ cm}$$

- Perhitungan Las pada End Plate

Data Perencanaan :

$t_e = 1 \text{ cm}$  (direncanakan)

$$A^{las} = 221 \text{ cm}^2$$

$$S = b \times d + \frac{d^2}{3} = 2978,04 \text{ cm}^3$$

$$f_{uw} = \phi \times 0,6 \times F_{e100xx} = 0,75 \times 0,6 \times 7033 = 3165 \text{ kg/cm}^2$$

Kontrol tegangan las akibat Pu

$$f_p = \frac{Pu}{A} + \frac{Mu}{S} = \frac{219788,8}{220,6} + \frac{7449,29}{2978,04} = 998,824 \text{ kg/cm}^2$$

Kontrol tegangan las akibat Vu

$$f_v = \frac{Vu}{A} + \frac{Mu}{S} = \frac{3771,44}{220,6} + \frac{7449,29}{2978,04} = 19,598 \text{ kg/cm}^2$$

Kontrol tegangan las total

$$f_{\text{total}} = \sqrt{f_p^2 + f_v^2} = \sqrt{997650,1 + 384,07} \\ = 999,02 \text{ kg/cm}^2$$

Kontrol tebal kaki las

$$t_e = \frac{f_{\text{total}}}{f_{uw}} = 0,32 \text{ cm}$$

$$w = \frac{t_e}{0,71} = 0,45 \text{ cm}$$

$$w_{\text{effmax}} = 1,41 \frac{f_u}{F_{E100xx}} t_p$$

$$w_{\text{effmax}} = 1,41 \frac{8250}{7033} 4 = 6,6 \text{ cm}$$

Maka dipakai las dengan  $w = 7 \text{ cm}$

### 4.3.9. Perencanaan Sambungan

#### 4.3.9.1. Sambungan Balok Utama Tangga - Balok Penumpu Tangga

Tipe Baja BJ 41

$$f_y = 250 \text{ Mpa} = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$E = 200000 \text{ Mpa} = 2000000 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_u = 410 \text{ Mpa} = 4100 \text{ Kg/cm}^2$$

$$V_u = 2274,25 \text{ kg}$$

Keterangan Baut :

Mutu Baut A325

$$f_{ub} = 825 \text{ Mpa} = 8250 \text{ kg/cm}^2$$

$$\varnothing \text{ baut} = 12 \text{ mm}$$

$$A_b = 1,131 \text{ cm}^2$$

Keterangan Pelat Siku :

Pelat Siku 40 x 40 x 4

tp = 4 mm

p plat = 10 cm

Persyaratan Baut :

r1= 0.5

m = 2

Lubang Bor Baut = 2 mm

- Sambungan Siku dan Balok Utama Tangga

Kuat Geser

$$V_n = r_1 f_u^b m A_b = 0,5 \times 8250 \times 2 \times 1,131 = 9330,53 \text{ kg}$$

$$\phi V_n = 0,75 \times 9330,53 = 6997,90 \text{ kg}$$

Kuat Tumpu

$$R_n = 2,4 d_b t_p f_u = 2,4 \times 1,2 \times 0,4 \times 4100 = 4723,2 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0,75 \times 4723,2 = 3542,40 \text{ kg} \text{ **menentukan !**}$$

Maka, Kuat Nominal Sambungan yang menentukan = 3542.40 kg

Jumlah Sambungan

$$n = \frac{V_u}{\phi R_n} = \frac{2274,25}{3542,40} = 0,64 \approx 2 \text{ Buah}$$

- Sambungan Siku dan Balok Penumpu Tangga

Kuat Geser

$$V_n = r_1 f_u^b m A_b = 0,5 \times 8250 \times 2 \times 1,131 = 9330,53 \text{ kg}$$

$$\phi V_n = 0,75 \times 9330,53 = 6997,90 \text{ kg}$$

Kuat Tumpu

$$R_n = 2,4 d_b t_p f_u = 2,4 \times 1,2 \times 0,4 \times 4100 = 4723,2 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0,75 \times 4723,2 = 3542,40 \text{ kg} \text{ **menentukan !**}$$

Maka, Kuat Nominal Sambungan yang menentukan = 3542,40 kg

Jumlah Sambungan

$$n = \frac{Vu}{\phi Rn} = \frac{2274,25}{3542,40} = 0,64 \approx 2 \text{ Buah}$$

## • Jarak Pemasangan Baut

$$P_{\text{plat}} = 10 \text{ cm } \mathbf{Ok!}$$

$$S = 50 \text{ mm } S_1 = 25 \text{ mm}$$

Syarat :

Jarak Antar Baut (S)

$$3 \text{ db} \leq S \leq 15 \text{ tp atau } 200 \text{ mm}$$

$$3 \times 12 \leq \mathbf{50} \leq 15 \times 4 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$36 \leq \mathbf{50} \leq 60 \text{ atau } 200 \text{ mm } \mathbf{Ok!}$$

Jarak Baut ke Tepi (S1)

$$1,5 \text{ db} \leq S_1 \leq 4 \text{ tp} + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1,5 \times 12 \leq \mathbf{25} \leq 15 \times 4 + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$18 \leq \mathbf{25} \leq 160 \text{ atau } 200 \text{ mm } \mathbf{Ok!}$$

## • Kontrol Siku Penyambung

Kontrol Leleh

$$A_g = t_p \times p_{\text{pelat}} = 0,4 \times 10 = 4 \text{ cm}^2$$

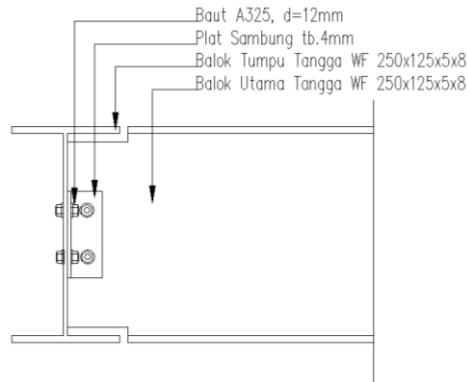
$$\phi T_n = \phi f_y A_g = 0,9 \times 2500 \times 4 = 9000 \text{ kg} > 2274,25 \text{ } \mathbf{Ok!}$$

Kontrol Patah (Geser Block)

$$\phi_{\text{Lubang}} = 12 + 2 = 14 \text{ mm}$$

$$A_{nv} = L_{nv} t_p = L - n \phi_{\text{Lubang}} t_p = 10 - 2 \times 1,4 \times 0,4 = 2,88 \text{ cm}^2$$

$$\phi T_n = \phi f_u A_{nv} = 0,75 \times 4100 \times 2,88 = 8856 \text{ kg} > 2274,25 \text{ } \mathbf{Ok!}$$



Gambar 4. 13 Sambungan Balok Utama Tangga – Balok Penumpu Tangga

#### 4.3.9.2. Sambungan Balok Penumpu Tangga – Kolom

##### Tipe Baja

BJ 41

$E = 200000 \text{ Mpa} = 2000000 \text{ Kg/cm}^2$

$f_u = 410 \text{ Mpa} = 4100 \text{ Kg/cm}^2$

$V_u = 2274,25 \text{ kg}$

##### Keterangan Baut :

Mutu Baut A325

$f_u^b = 825 \text{ Mpa} = 8250 \text{ kg/cm}^2$

$\varnothing_{\text{baut}} = 16 \text{ mm}$

$A_b = 2,011 \text{ cm}^2$

##### Keterangan Pelat Siku

Pelat Siku 40 x 40 x4

$t_p = 4 \text{ mm}$

$P_{\text{plat}} = 10 \text{ cm}$

##### Keterangan las

$a = 4 \text{ mm}$

$l_w = 100 \text{ mm}$

Ket :

a = Ketebalan kaki las sudut

Persyaratan Baut :

$$r1 = 0,5$$

$$m = 1$$

Lubang Bor Baut = 2 mm

• Kontrol Pelat Sambung

$$tp \leq \frac{fu}{fyp} t$$

$$tp \leq \frac{4100}{2500} 7$$

$$0,4 \leq 11,48 \text{ cm } \mathbf{Ok!}$$

Maka direncanakan tebal pelat yang digunakan = 0,4 cm

• Sambungan Pelat Sambung - Balok Penumpu Tangga

Kuat Geser

$$Vn = r1 fub m Ab = 0,5 \times 8250 \times 1 \times 2,011 = 8293,80 \text{ kg}$$

$$\phi Vn = 0,75 \times 8293,80 = 6220,35 \text{ kg}$$

Kuat Tumpu

$$Rn = 2,4 db tp fu = 2,4 \times 1,6 \times 0,4 \times 4100 = 6297,6 \text{ kg}$$

$$\phi Rn = 0,75 \times 6297,6 = 4723,2 \text{ kg menentukan!}$$

Maka, Kuat Nominal Sambungan yang menentukan adalah 4723,2 kg

Jumlah Sambungan

$$n = \frac{Vu}{\phi Rn} = \frac{2274,25}{4723,2} = 0,48 \approx 2 \text{ Buah}$$

• Jarak Pemasangan Baut

$$p_{plat} = 10 \text{ cm } \mathbf{Ok!}$$

$$S = 50 \text{ mm } S_1 = 25 \text{ mm}$$

Syarat :

Jarak Antar Baut (S)

$$3 \text{ db} \leq S \leq 15 \text{ tp} \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$3 \times 16 \leq 50 \leq 15 \times 4 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$48 \leq 50 \leq 60 \text{ atau } 200 \text{ mm} \text{ **Ok!**}$$

Jarak Baut ke Tepi (S1)

$$1,5 \text{ db} \leq S1 \leq 4 \text{ tp} + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1,5 \times 16 \leq 25 \leq 15 \times 4 + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$24 \leq 25 \leq 160 \text{ atau } 200 \text{ mm} \text{ **Ok!**}$$

## • Sambungan Pelat Sambung – Kolom

$$\text{Tegangan Putus Las } F_{E100XX} = 7030 \text{ kg/cm}^2$$

$$Aw = 2 \times 0,707 \times a \times lw = 2 \times 0,707 \times 4 \times 100 = 5,66 \text{ cm}^2$$

$$Fnw = 0,6 F_{E100XX} = 0,6 \times 7030 = 4218 \text{ kg/cm}^2$$

$$Rn = Fnw \times Aw = 4218 \times 5,66 = 23857,008 \text{ kg}$$

## Cek Persyaratan Desain

$$Vu < \phi Rn$$

$$2274,2 < 0,75 \times 23857$$

$$2274,2 < 17892,76 \text{ **Ok!**}$$

## • Kontrol Pelat Siku Penyambung

Kontrol Leleh

$$Ag = tp \times p_{\text{pelat}} = 0,4 \times 10 = 4 \text{ cm}^2$$

$$\phi Tn = \phi fy Ag = 0,9 \times 2500 \times 4 = 9000 \text{ kg} > 2274,2 \text{ **Ok!**}$$

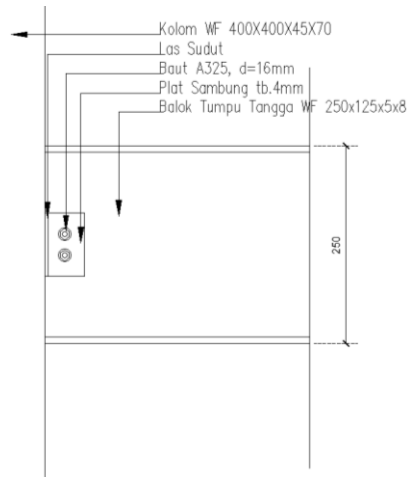
Kontrol Patah (Geser Block)

$$\phi \text{ Lubang} = 16 + 2 = 18 \text{ mm}$$

$$Anv = Lnv \text{ tp} = L - n \phi_{\text{Lubang}} \text{ tp} = 10 - 2 \times 1,8 \times 0,4 = 2,56 \text{ cm}^2$$

$$\phi Tn = \phi fu Anv = 0,75 \times 4100 \times 2,56 = 7872 \text{ kg} > 2274,25 \text{ **Ok!**}$$





Gambar 4. 14 Sambungan Balok Penumpu Tangga - Kolom

#### 4.3.9.3. Sambungan Kolom – Kolom

- Data Perencanaan Sambungan

$$M_u = 7449,29 \text{ kg.m}$$

$$P_u = 219788,84 \text{ kg}$$

$$V_u = 3771,44 \text{ kg}$$

##### Keterangan Kolom :

$$d = 498 \text{ mm}$$

$$b_f = 432 \text{ mm}$$

$$t_f = 70 \text{ mm}$$

$$t_w = 45 \text{ mm}$$

$$A = 770,1 \text{ cm}^2$$

$$r = 22 \text{ mm}$$

$$I_x = 298000 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 94400 \text{ cm}^4$$

$$i_x = 19,7 \text{ cm}$$

$$i_y = 11,1 \text{ cm}$$

$$Z_x = 14385 \text{ cm}^3$$

$$Z_y = 6461 \text{ cm}^3$$

##### Tipe Pelat BJ 41

$$f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_u = 20.10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$t_p = 20 \text{ mm} = 2 \text{ cm (direncanakan)}$$

Mutu Baut A325

$$f_u^b = 825 \text{ Mpa} = 8250 \text{ kg/cm}^2$$

$$\varnothing \text{ baut} = 12 \text{ mm}$$

$$A_b = 1.131 \text{ cm}^2$$

$$r_1 = 0,5$$

$$m = 1$$

$$\text{Lubang Bor Baut} = 2 \text{ mm}$$

- Perhitungan Gaya Dalam

Pembagian Beban Momen

$$I_{x_{\text{badan}}} = \frac{1}{12} \times tw \times d^3 = \frac{1}{12} \times 4,5 \times 49,8^3 = 46314,747 \text{ cm}^4$$

$$M_{u_{\text{badan}}} = \frac{I_{x_{\text{badan}}}}{I_x} \times Mu = \frac{46314,747}{298000} \times 7449,29 = 115775,8 \text{ kg.cm}$$

$$M_{u_{\text{sayap}}} = Mu - M_{u_{\text{badan}}} = 7449,29 - 115775,8 = 629153,2 \text{ kg.cm}$$

Pembagian Beban Aksial

$$A_{\text{badan}} = tw \times d = 4,5 \times 49,8 = 224,1 \text{ cm}^2$$

$$P_{u_{\text{badan}}} = \frac{A_{\text{badan}}}{A} \times Pu = \frac{224,1}{770,1} \times 219789 = 63958,8 \text{ kg}$$

$$P_{u_{\text{sayap}}} = Pu - P_{u_{\text{badan}}} = 219789 - 63958,8 = 155830 \text{ kg}$$

$$\text{Karena 2 sayap, maka } Pu \text{ 1 sayap} = 77915,02 \text{ kg}$$

- Sambungan pada Sayap

Kuat Geser

$$V_n = r_1 f_u^b m A_b = 0,5 \times 8250 \times 2 \times 1.539 = 12699,89 \text{ kg}$$

$$\varnothing V_n = 0,75 \times 12699,89 = 9524,92 \text{ kg} \text{ **menentukan !**}$$

Kuat Tumpu

$$R_n = 2,4 d b t p f_u = 2,4 \times 1,4 \times 2 \times 4100 = 27552 \text{ kg}$$

$$\varnothing R_n = 0,75 \times 27552 = 20664,00 \text{ kg}$$

$$\text{Maka, Kuat Nominal Sambungan yang menentukan} = 9524,92 \text{ kg}$$

Gaya pada Sayap

$$T = \frac{Mu}{d} = \frac{629153,2}{49,8} = 12633,60 \text{ kg}$$

$$Tu = T + Pu_{\text{sayap}} = 12633,60 + 155830 = 90548,6 \text{ kg}$$

Jumlah Baut

$$n = \frac{Tu}{\phi Vn} = \frac{90548,6}{9524,92} = 9,51 \text{ buah} \approx 12 \text{ buah}$$

Jarak Antar Baut (S)

$$3 \text{ db} \leq S \leq 15 \text{ tp atau } 200 \text{ mm}$$

$$3 \times 14 \leq 50 \leq 15 \times 20 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$42 \leq 50 \leq 300 \text{ atau } 200 \text{ mm} \text{ **Ok!**}$$

Jarak Baut ke Tepi (S1)

$$1,5 \text{ db} \leq S1 \leq 4 \text{ tp} + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1,5 \times 14 \leq 25 \leq 4 \times 20 + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$21 \leq 25 \leq 300 \text{ atau } 200 \text{ mm} \text{ **Ok!**}$$

- Sambungan pada Badan

Beban yang harus dipikul baut akibat gaya geser

direncanakan jumlah baut 8 buah

$$Fix = \frac{M \times yi}{\sum ri^2}$$

$$Fiy = \frac{M \times xi}{\sum ri^2}$$

$$Ri = \sqrt{(Vi + Fix)^2 + Fiy^2}$$

$$\sum xi^2 = 4(-25^2) + 4(25^2) = 5000 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \sum xi^2 &= 2(75^2) + 2(30^2) + 2(-30^2) + 2(-90^2) \\ &= 25000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\sum ri^2 = \sum xi^2 + \sum yi^2 = 5000 + 25000 = 30000 \text{ mm}^2$$

Berikut adalah tabel perhitungannya :

Tabel 4. 8 Nilai Gaya Pada Baut

Baut	xi	yi	Fix	Fiy	Ri
	mm	mm	kg	kg	kg
1	-25	75	2894,396	-964,7986	3501,374
2	-25	25	964,7986	-964,7986	1730,199
3	-25	-25	-964,7986	-964,7986	1083,628
4	-25	-75	-2894,396	-964,7986	2607,988
5	25	-75	-2894,396	964,7986	2607,988
6	25	-25	-964,7986	964,7986	1083,628
7	25	25	964,7986	964,7986	1730,199
8	25	75	2894,396	964,7986	3501,374

Maka dari tabel diatas nilai  $R_u$  yang menentukan adalah pada baut 1 dan 8 dengan memikul beban sebesar 3501,374 kg.

#### Kuat Geser

$$V_n = r_l f_u^b m A_b = 0.5 \times 8250 \times 2 \times 1.539 = 12699,89 \text{ kg}$$

$$\phi V_n = 0.75 \times 12699,89 = 9524,92 \text{ kg} \text{ **menentukan !**}$$

#### Kuat Tumpu

$$R_n = 2,4 d_b t_p f_u = 2,4 \times 1,4 \times 2 \times 4100 = 27552 \text{ kg}$$

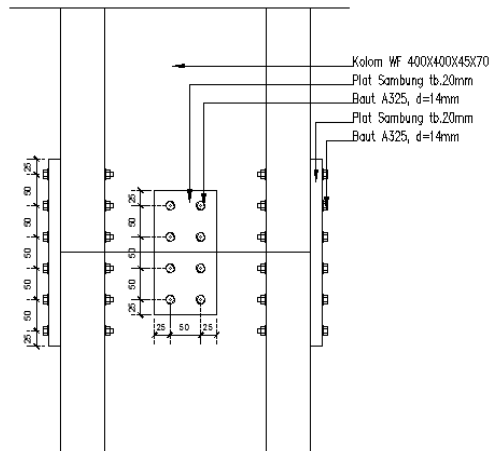
$$\phi R_n = 0,75 \times 27552 = 20664,00 \text{ kg}$$

Maka, Kuat Nominal Sambungan yang menentukan = 9524,92 kg

#### Kontrol Desain

$$R_u < \phi V_n$$

$$3501,374 < 9524,92 \text{ **Ok!**}$$



Gambar 4. 15 Sambungan Kolom ke Kolom

#### 4.3.9.4. Sambungan Spandrel Beam ke Kolom (Tepi)

Kolom menggunakan profil WF 498 x 432 x 45 x 70.  
Balok menggunakan profil WF 588 x 300 x 12 x 20.

##### Tipe Pelat BJ 41

$$\begin{aligned} F_y &= 250 \text{ Mpa} &= 2500 \text{ Kg/cm}^2 \\ E &= 200000 \text{ Mpa} &= 2000000 \text{ Kg/cm}^2 \\ F_u &= 410 \text{ Mpa} &= 4100 \text{ Kg/cm}^2 \end{aligned}$$

##### Output SAP

$$\begin{aligned} M_u &= 34165,02 \text{ kg.m} \\ V_u &= 18455,49 \text{ kg} \end{aligned}$$

##### Gaya-gaya yang terjadi

$$\begin{aligned} M_u &= 1,1 \times R_y \times M_p \\ &= 1,1 \times 1,5 \times 34165,02 = 56372,28 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

##### • Sambungan Baut

##### Keterangan baut :

Mutu baut A325

$$F_u^b = 825 \text{ Mpa} = 8250 \text{ kg/cm}^2$$

$$\varnothing \text{ baut} = 12 \text{ mm}$$

$$A_b = 1,131 \text{ cm}^2$$

$$r_l = 0,5$$

$$m = 1$$

Lubang bor baut = 2 cm

Keterangan pelat :

$$t_p = 20 \text{ mm}$$

Kuat Geser

$$V_n = r_l f_u^b m A_b = 0,5 \times 8250 \times 1 \times 1,131 = 4665,265 \text{ kg}$$

$$\phi V_n = 0,75 \times 4665,265 = 3498,949 \text{ kg} \text{ **menentukan !**}$$

Kuat Tumpu

$$R_n = 2,4 d_b t_p f_u = 2,4 \times 1,2 \times 2 \times 4100 = 23616 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0,75 \times 23616 = 17712 \text{ kg}$$

Maka, Kuat Nominal Sambungan yang menentukan = 3498,949 kg

Jumlah Sambungan

$$n = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{18455,49}{3498,949} = 5,27 \approx 6 \text{ buah}$$

disini dipasang baut 8 buah

Kuat Baut Akibat Geser dan Tarik

$$T_d = \phi \times f_u^b \times A_b = 0,75 \times 8250 \times 1,131 = 6997,898 \text{ kg}$$

Jarak Pemasangan Baut

Jarak Antar Baut (S)

$$3 d_b \leq S \leq 15 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$3 \times 12 \leq 174 \leq 15 \times 20 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

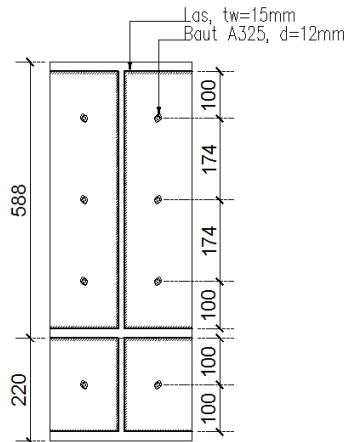
$$36 \leq 174 \leq 300 \text{ atau } 200 \text{ mm} \text{ **Ok!**}$$

Jarak Baut ke Tepi (S1)

$$1,5 \text{ db} \leq S1 \leq 4 \text{ tp} + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1,5 \times 12 \leq 100 \leq 4 \times 20 + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$18 \leq 100 \leq 180 \text{ atau } 200 \text{ mm} \text{ **Ok!**}$$



Gambar 4. 16 Sambungan Baut dan Las Pada Spandreal Beam

#### Kontrol Baut Akibat Tarik

$$T_{u_{\max}} = \frac{M_u \times d_{\max}}{\sum d^2}$$

$$= \frac{34165,02 \times 1,09}{4,74} = 7856,447 \text{ kg}$$

dimana perhitungannya sebagai berikut :

No	$d_i$	$d_i^2$
1	174	30276
2	348	121104
3	568	322624
<b>Total</b>	<b>1090</b>	<b>474004</b>

$$d_{\max} = 1090 \text{ mm} = 1,09 \text{ m}$$

$$\sum d^2 = 474004 \text{ mm}^2 = 4,74 \text{ m}^2$$

$$T_d \geq \frac{T_u}{n}$$

$$6997,9 \geq \frac{7856,45}{8}$$

$$69979,9 > 982,06 \text{ Ok!}$$

#### Kontrol Baut Akibat Geser

$$\frac{Vu^2}{\phi Rn} + \frac{Tu^2}{\phi Rn} \leq 1$$

$$0,79 < 1 \text{ Ok!}$$

#### • Pelat Penyambung

##### Kontrol Leleh

$$Ag = tp \times Pplat = 2 \times 15 = 30 \text{ cm}^2$$

$$\phi Tn = \phi \times fy \times Ag = 0,9 \times 2500 \times 30 = 67500 \text{ kg} > 18455,49 \text{ kg Ok!}$$

##### Kontrol Patah

$$\phi_{Lubang} = 12 + 2 = 14 \text{ mm}$$

$$A_{nv} = L - n \times \phi_{Lubang} \times tp = 15 - 8 \times 1,4 \times 2 = 7,6 \text{ cm}^2$$

$$\phi Tn = \phi \times fu \times A_{nv} = 0,75 \times 4100 \times 7,6 = 23370 \text{ kg} > 18455,49 \text{ kg Ok!}$$

#### • Sambungan Las

$$tw = 15 \text{ mm (direncanakan)}$$

$$te = 1 \times 0,707 \times a = 1 \times 0,707 \times 1,5 = 1,06 \text{ cm}$$

$$\text{Tegangan Putus las} = F_{E110xx} = 7733 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{nv} = 0,6 \times F_{E110xx} = 0,6 \times 7733 = 4639,8 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi Rn = \phi \times fn \times te = 0,75 \times 7733 \times 1,06 = 6150,6 \text{ kg/cm}$$

#### Geser Sentris yang terjadi pada las Pelat Pengaku

$$fv = \frac{Vu}{Iv} = \frac{18455,49}{245,1} = 75,31 \text{ kg/cm}$$

$$fv \leq \phi Rn$$

$$75,31 < 6150,6 \text{ Ok!}$$



Geser Lentur yang bekerja pada las Pelat Pengaku

$$f_h = \frac{Mu}{S} = \frac{5637228,3}{3447,96} = 1634,95 \text{ kg/cm}$$

dimana :

$$\begin{aligned} S1' &= b \times d + \frac{d^2}{6} \\ &= 14 \times 58,8 + \frac{3457,44}{6} = 1423 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$S1 = 2 \times S1' = 2 \times 1423 = 2845,9 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} S2' &= b \times S + \frac{S^2}{6} \\ &= 14,4 \times 14,7 + \frac{302,76}{6} = 301 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$S2 = 2 \times S2' = 2 \times 301 = 602 \text{ cm}^2$$

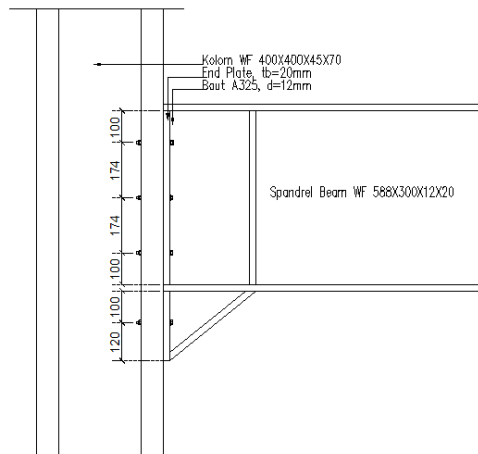
Kontrol Interaksi Geser Sentris dan Lentur

$$f_{\text{total}} = \sqrt{f_h^2 + f_v^2} = 1636,7 \text{ kg/cm}$$

$$f_{\text{total}} \leq \phi \times f_n \times t_e$$

$$1636,7 \leq 0,75 \times 4639,8 \times 1,06$$

$$1636,7 < 3690,38 \text{ Ok!}$$



Gambar 4. 17 Sambungan Spandrel Beam ke Kolom (Tepi)

#### 4.3.9.5. Sambungan Spandrel Beam ke Kolom (Tengah)

Kolom menggunakan profil WF 498 x 432 x 45 x 70.

Balok menggunakan profil WF 588 x 300 x 12 x 20.

##### Tipe Pelat BJ 41

$$\begin{aligned} F_y &= 250 \text{ Mpa} &= 2500 \text{ Kg/cm}^2 \\ E &= 200000 \text{ Mpa} &= 2000000 \text{ Kg/cm}^2 \\ F_u &= 410 \text{ Mpa} &= 4100 \text{ Kg/cm}^2 \end{aligned}$$

##### Output SAP

$$\begin{aligned} M_u &= 35930,74 \text{ kg.m} \\ V_u &= 17927,06 \text{ kg} \end{aligned}$$

##### Gaya-gaya yang terjadi

$$\begin{aligned} M_u &= 1,1 \times R_y \times M_p \\ &= 1,1 \times 1,5 \times 35930,74 = 59285,72 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

#### • Sambungan Baut

##### Keterangan baut :

Mutu baut A325

$$F_u^b = 825 \text{ Mpa} = 8250 \text{ kg/cm}^2$$

$$\varnothing \text{ baut} = 12 \text{ mm}$$

$$A_b = 1,131 \text{ cm}^2$$

$$r_1 = 0,5$$

$$m = 1$$

$$\text{Lubang bor baut} = 2 \text{ cm}$$

##### Keterangan pelat :

$$t_p = 20 \text{ mm}$$

##### Kuat Geser

$$V_n = r_1 f_u^b m A_b = 0,5 \times 8250 \times 1 \times 1,131 = 4665,265 \text{ kg}$$

$$\varnothing V_n = 0,75 \times 4665,265 = 3498,949 \text{ kg} \text{ **menentukan !**}$$

Kuat Tumpu

$$R_n = 2,4 \text{ db } t p f_u = 2,4 \times 1,2 \times 2 \times 4100 = 23616 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0,75 \times 23616 = 17712 \text{ kg}$$

Maka, Kuat Nominal Sambungan yang menentukan = 3498,949 kg

Jumlah Sambungan

$$n = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{17927,06}{3498,949} = 5,12 \approx 6 \text{ buah}$$

disini dipasang baut 8 buah

Kuat Baut Akibat Geser dan Tarik

$$T_d = \phi \times f_u^b \times A_b = 0,75 \times 8250 \times 1,131 = 6997,898 \text{ kg}$$

Jarak Pemasangan BautJarak Antar Baut (S)

$$3 \text{ db} \leq S \leq 15 \text{ tp atau } 200 \text{ mm}$$

$$3 \times 12 \leq 174 \leq 15 \times 20 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

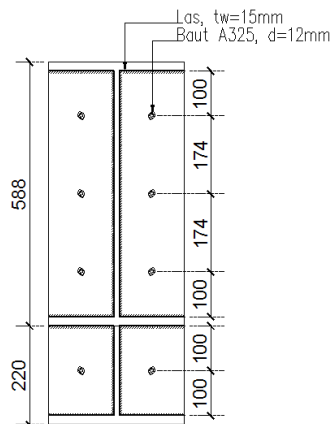
$$36 \leq 174 \leq 300 \text{ atau } 200 \text{ mm} \text{ **Ok!**}$$

Jarak Baut ke Tepi (S1)

$$1,5 \text{ db} \leq S1 \leq 4 \text{ tp} + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1,5 \times 12 \leq 100 \leq 4 \times 20 + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$18 \leq 100 \leq 180 \text{ atau } 200 \text{ mm} \text{ **Ok!**}$$



Gambar 4. 18 Sambungan Baut dan Las Pada Spandreal Beam

Kontrol Baut Akibat Tarik

$$\begin{aligned}
 T_{u_{\max}} &= \frac{Mu \times d_{\max}}{\sum d^2} \\
 &= \frac{35930,74 \times 1,09}{4,74} = 8262,484 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

dimana perhitungannya sebagai berikut :

No	d <sub>i</sub>	d <sub>i</sub> <sup>2</sup>
1	174	30276
2	348	121104
3	568	322624
<b>Total</b>	<b>1090</b>	<b>474004</b>

$$\begin{aligned}
 d_{\max} &= 1090 \text{ mm} = 1,09 \text{ m} \\
 \sum d^2 &= 474004 \text{ mm}^2 = 4,74 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_d &\geq \frac{T_u}{n} \\
 6997,9 &\geq \frac{8262,48}{8} \\
 69979,9 &> 982,06 \text{ **Ok!**}
 \end{aligned}$$

Kontrol Baut Akibat Geser

$$\begin{aligned}
 \frac{Vu^2}{\phi Rn} + \frac{Tu^2}{\phi Rn} &\leq 1 \\
 0,75 &< 1 \text{ **Ok!**}
 \end{aligned}$$

- Pelat Penyambung

Kontrol Leleh

$$\begin{aligned}
 A_g &= t_p \times P_{\text{plat}} = 2 \times 15 = 30 \text{ cm}^2 \\
 \phi T_n &= \phi \times f_y \times A_g = 0,9 \times 2500 \times 30 = 67500 \text{ kg} > \\
 17927,06 \text{ kg} &\text{ **Ok!**}
 \end{aligned}$$

Kontrol Patah

$$\begin{aligned}
 \phi_{\text{Lubang}} &= 12 + 2 = 14 \text{ mm} \\
 A_{nv} &= L - n \times \phi_{\text{Lubang}} \times t_p = 15 - 8 \times 1,4 \times 2 = 7,6 \text{ cm}^2 \\
 \phi T_n &= \phi \times f_u \times A_{nv} = 0,75 \times 4100 \times 7,6 = 23370 \text{ kg} > \\
 17927,06 \text{ kg} &\text{ **Ok!**}
 \end{aligned}$$

- Sambungan Las

tw = 15 mm (direncanakan)

te = 1 x 0,707 x a = 1 x 0,707 x 1,5 = 1,06 cm

Tegangan Putus las =  $F_{E110xx} = 7733 \text{ kg/cm}^2$

$F_{nv} = 0,6 \times F_{E110xx} = 0,6 \times 7733 = 4639,8 \text{ kg/cm}^2$

$\phi R_n = \phi \times f_n \times t_e = 0,75 \times 7733 \times 1,06 = 6150,6 \text{ kg/cm}$

Geser Sentris yang terjadi pada las Pelat Pengaku

$$f_v = \frac{Vu}{I_v} = \frac{17927,06}{245,1} = 73,15 \text{ kg/cm}$$

$$f_v \leq \phi R_n$$

$$73,15 < 6150,6 \text{ Ok!}$$

Geser Lentur yang bekerja pada las Pelat Pengaku

$$f_h = \frac{Mu}{S} = \frac{592872,1}{3447,96} = 1719,44 \text{ kg/cm}$$

dimana :

$$\begin{aligned} S1' &= b \times d + \frac{d^2}{6} \\ &= 14 \times 58,8 + \frac{3457,44}{6} = 1423 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$S1 = 2 \times S1' = 2 \times 1423 = 2845,9 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} S2' &= b \times s + \frac{s^2}{6} \\ &= 14,4 \times 17,4 + \frac{302,76}{6} = 301 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$S2 = 2 \times S2' = 2 \times 301 = 602 \text{ cm}^2$$

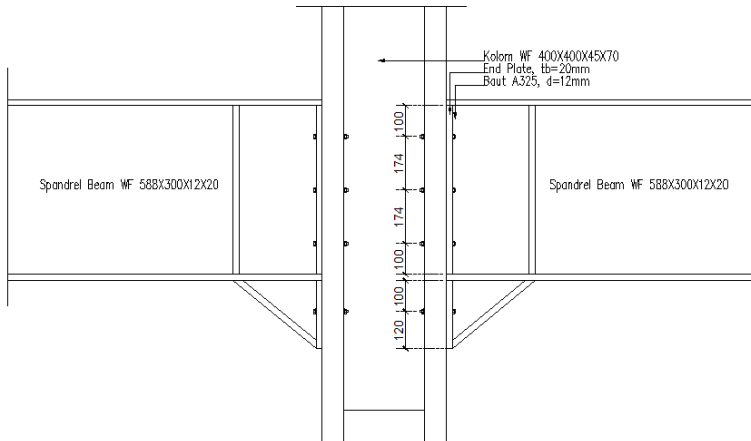
Kontrol Interaksi Geser Sentris dan Lentur

$$f_{\text{total}} = \sqrt{f_h^2 + f_v^2} = 1721 \text{ kg/cm}$$

$$f_{\text{total}} \leq \phi \times f_n \times t_e$$

$$1721 \leq 0,75 \times 4639,8 \times 1,06$$

$$1721 < 3690,38 \text{ Ok!}$$



Gambar 4. 19 Sambungan Spandrel Beam ke Kolom (Tengah)

#### 4.3.9.6. Sambungan Truss Chord ke Kolom

##### Tipe Baja

BJ 41

$$E = 200000 \text{ Mpa} = 2000000 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_u = 410 \text{ Mpa} = 4100 \text{ Kg/cm}^2$$

$$V_u = 3716,28 \text{ kg}$$

##### Keterangan Baut :

Mutu Baut A325

$$f_u^b = 825 \text{ Mpa} = 8250 \text{ kg/cm}^2$$

$$\varnothing_{\text{baut}} = 16 \text{ mm}$$

$$A_b = 2,011 \text{ cm}^2$$

##### Keterangan Pelat Siku

Pelat Siku 40 x 40 x4

$$t_p = 4 \text{ mm}$$

$$P_{\text{plat}} = 10 \text{ cm}$$

Keterangan las

$$a = 4 \text{ mm}$$

$$l_w = 100 \text{ mm}$$

Ket :

a = Ketebalan kaki las sudut

Persyaratan Baut :

$$r_1 = 0,5$$

$$m = 1$$

$$\text{Lubang Bor Baut} = 2 \text{ mm}$$

- Kontrol Pelat Sambung

$$t_p \leq \frac{f_u}{f_{yp}} t$$

$$t_p \leq \frac{4100}{2500} 7$$

$$0,4 \leq 11,48 \text{ cm} \text{ **Ok!**}$$

Maka direncanakan tebal pelat yang digunakan = 0,4 cm

- Sambungan Pelat Sambung - Balok Penumpu Tangga

Kuat Geser

$$V_n = r_1 f_{ub} m A_b = 0,5 \times 8250 \times 1 \times 2,011 = 8293,80 \text{ kg}$$

$$\phi V_n = 0,75 \times 8293,80 = 6220,35 \text{ kg}$$

Kuat Tumpu

$$R_n = 2,4 d_b t_p f_u = 2,4 \times 1,6 \times 0,4 \times 4100 = 6297,6 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0,75 \times 6297,6 = 4723,2 \text{ kg menentukan!}$$

Maka, Kuat Nominal Sambungan yang menentukan adalah 4723,2 kg

Jumlah Sambungan

$$n = \frac{V_u}{\phi R_n} = \frac{3716,28}{4723,2} = 0,75 \approx 2 \text{ Buah}$$

Jarak Pemasangan Baut

$$p_{\text{plat}} = 10 \text{ cm} \text{ **Ok!**}$$

$$S = 50 \text{ mm} \quad S_1 = 25 \text{ mm}$$

Syarat :

Jarak Antar Baut (S)

$$3 \text{ db} \leq S \leq 15 \text{ tp atau } 200 \text{ mm}$$

$$3 \times 16 \leq 50 \leq 15 \times 4 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$48 \leq 50 \leq 60 \text{ atau } 200 \text{ mm } \mathbf{Ok!}$$

Jarak Baut ke Tepi (S1)

$$1,5 \text{ db} \leq S1 \leq 4 \text{ tp} + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1,5 \times 16 \leq 25 \leq 15 \times 4 + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$24 \leq 25 \leq 160 \text{ atau } 200 \text{ mm } \mathbf{Ok!}$$

• Sambungan Pelat Sambung – Kolom

$$\text{Tegangan Putus Las } F_{E100XX} = 7030 \text{ kg/cm}^2$$

$$Aw = 2 \times 0,707 \times a \times lw = 2 \times 0,707 \times 4 \times 100 = 5,66 \text{ cm}^2$$

$$Fnw = 0,6 F_{E100XX} = 0,6 \times 7030 = 4218 \text{ kg/cm}^2$$

$$Rn = Fnw \times Aw = 4218 \times 5,66 = 23857,008 \text{ kg}$$

Cek Persyaratan Desain

$$Vu < \phi Rn$$

$$3716,3 < 0,75 \times 23857$$

$$3716,3 < 17892,76 \quad \mathbf{Ok!}$$

• Kontrol Pelat Siku Penyambung

Kontrol Leleh

$$Ag = tp \times p_{\text{pelat}} = 0,4 \times 10 = 4 \text{ cm}^2$$

$$\phi Tn = \phi fy Ag = 0,9 \times 2500 \times 4 = 9000 \text{ kg} > 3716,3 \quad \mathbf{Ok!}$$

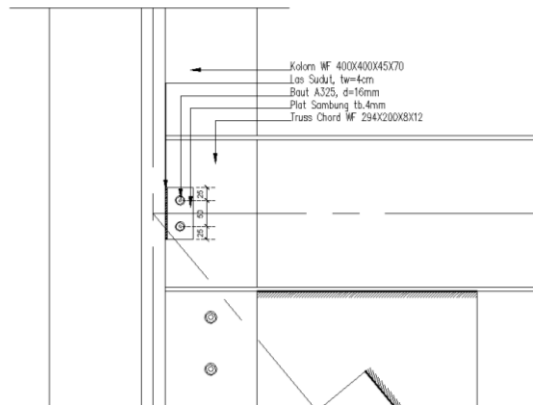
Kontrol Patah (Geser Block)

$$\phi \text{ Lubang} = 16 + 2 = 18 \text{ mm}$$

$$A_{nv} = L_{nv} tp = L - n \phi_{\text{Lubang}} tp = 10 - 2 \times 1,8 \times 0,4 = 2,56 \text{ cm}^2$$

$$\phi Tn = \phi fu A_{nv} = 0,75 \times 4100 \times 2,56 = 7872 \text{ kg} > 7351,58 \quad \mathbf{Ok!}$$





Gambar 4. 20 Sambungan Truss Chord - Kolom

#### 4.3.9.7. Sambungan pada Truss

Sambungan pada rangka ke kolom menggunakan baut, rangka ke plat sambung menggunakan sambungan las, dan profil rangka ke plat sambung menggunakan sambungan las. Berikut adalah perhitungan sambungan pada beberapa detail :

##### 1. Detail D

Keterangan Baut :

Mutu baut A325

$$F_u^b = 825 \text{ Mpa} = 8250 \text{ kg/cm}^2$$

$$\varnothing \text{ baut} = 20 \text{ mm}$$

$$A_b = 3,14 \text{ cm}^2$$

$$r_1 = 0,5$$

$$m = 1$$

$$\text{Lubang bor baut} = 2 \text{ cm}$$

Keterangan Las :

$$a = 120 \text{ mm}$$

$$l_w = 600 \text{ mm}$$

Keterangan Pelat :

tp	= 12 mm	
Pplat	= 600 mm	
fy	= 250 Mpa	= 2500 Kg/cm <sup>2</sup>
E	= 200000 Mpa	= 2000000 Kg/cm <sup>2</sup>
fu	= 410 Mpa	= 4100 Kg/cm <sup>2</sup>

Perhitungan Gaya Dalam

$$Vu = 58799,21 \text{ kg} \quad \alpha = 69^\circ$$

Geser yang terjadi arah x

$$\begin{aligned} Vux &= Vu \cos \alpha \\ &= 58799,21 \cos 69^\circ = 21071,752 \text{ kg} \end{aligned}$$

Geser yang terjadi arah y

$$\begin{aligned} Vuy &= Vu \sin \alpha \\ &= 58799,21 \sin 69^\circ = 54893,792 \text{ kg} \end{aligned}$$

Sambungan Pelat Sambung - Kolom

Kuat Geser

$$Vn = r_1 f_u^b m A_b = 0,5 \times 8250 \times 1 \times 3,12 = 12959,07 \text{ kg}$$

$$\phi Vn = 0,75 \times 6349,944 = 4762,46 \text{ kg} \text{ **menentukan !**}$$

Kuat Tumpu

$$Rn = 2,4 d_b t_p f_u = 2,4 \times 1,4 \times 1,2 \times 4100 = 16531,2 \text{ kg}$$

$$\phi Rn = 0,75 \times 16531,2 = 12398 \text{ kg}$$

Maka, Kuat Nominal Sambungan yang menentukan = 4762,46 kg

Jumlah Sambungan

$$n = \frac{V_{uy}}{\phi Vn} = \frac{54893,79}{9719,30} = 5,65 \approx 6 \text{ buah}$$

Jarak Pemasangan Baut

Jarak Antar Baut (S)

$$3 d_b \leq S \leq 15 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$3 \times 20 \leq 100 \leq 15 \times 12 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$60 \leq 100 \leq 180 \text{ atau } 200 \text{ mm} \text{ **Ok!**}$$

Jarak Baut ke Tepi (S1)

$$1,5 \text{ db} \leq S1 \leq 4 \text{ tp} + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1,5 \times 20 \leq 50 \leq 4 \times 12 + 100 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$30 \leq 50 \leq 280 \text{ atau } 200 \text{ mm} \quad \mathbf{Ok!}$$

#### Sambungan Pelat Sambung - Truss Chord

Tegangan Putus Las  $F_{E100XX} = 7030 \text{ kg/cm}^2$

$$Aw = 2 \times 0,707 \times a \times lw = 2 \times 0,707 \times 12 \times 600$$

$$= 101,81 \text{ cm}^2$$

$$Fnw = 0,6 F_{E100XX} = 0,6 \times 7030 = 4218 \text{ kg/cm}^2$$

$$Rn = Fnw \times Aw = 4218 \times 101,81 = 429426,1 \text{ kg}$$

Cek Persyaratan Desain

$$Vux < \phi Rn$$

$$21071,8 < 0,75 \times 429426,1$$

$$21071,8 < 322069,61 \quad \mathbf{Ok!}$$

#### Sambungan Pelat Sambung - Truss

- Kuat Geser Patah pada Truss

$$Rn = Fu \times Ae = 4100 \times 73 = 300919,5 \text{ kg}$$

$$\phi Rn = 0,75 \times 300919,5 = 225689,63 \text{ kg}$$

Dimana :

$$Ae = U \times An = 0,9 \times 83,9 = 73 \text{ cm}^2$$

$$An = Ag - 2 \times tw \times tp = 86,8 - 2 \times 1,2 \times 1,2 = 83,9 \text{ cm}^2$$

$$U = 1 - \frac{x}{lw} \leq 0,9 = 1 - \frac{7,5}{60} \leq 0,9 = 0,9 < 0,9$$

$$x = \frac{b^2 + 2bh}{4b + h} = \frac{20^2 + 2 \times 20 \times 20}{4 \times 20 + 20} = 7,5$$

- Kuat Geser dari Truss pada Sambungan Las

$$Rn = 0,6 \times fy \times 4 \times lw \times tw = 0,6 \times 2500 \times 4 \times 60 \times 1,2$$

$$= 432000 \text{ kg}$$

$$\phi Rn = 0,9 \times 432000 = 388800 \text{ kg}$$

- Kekuatan Sambungan Las Pelat Sambung pada Truss

$$\text{Tegangan Putus Las } F_{E100XX} = 7030 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_w = 4 \times 0,707 \times a \times l_w = 4 \times 0,707 \times 12 \times 60 \\ = 20,362 \text{ cm}^2$$

$$F_{nw} = 0,6 F_{E100XX} = 0,6 \times 7030 = 4218 \text{ kg/cm}^2$$

$$R_n = F_{nw} \times A_w = 4218 \times 20,362 = 85885,229 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0,75 \times 85885,229 = 64413,9 \text{ kg}$$

- Kekuatan Geser Pelat Sambung

$$R_n = 0,6 \times f_y \times 2 \times l_w \times t_p = 0,6 \times 2500 \times 2 \times 60 \times 1,2 \\ = 216000 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0,9 \times 216000 = 194400 \text{ kg}$$

Maka, kuat nominal sambungan yang menentukan = 64413,9 kg.

Cek Persyaratan Desain

$$V_{ux} < \phi R_n$$

$$58799,2 < 64413,9 \text{ **Ok!**}$$

Kontrol Pelat Sambung

Kontrol Leleh

$$A_g = t_p \times P_{plat} = 1,2 \times 60 = 72 \text{ cm}^2$$

$$\phi T_n = \phi \times f_y \times A_g = 0,9 \times 2500 \times 72 = 162000 \text{ kg}$$

$$V_u < \phi T_n$$

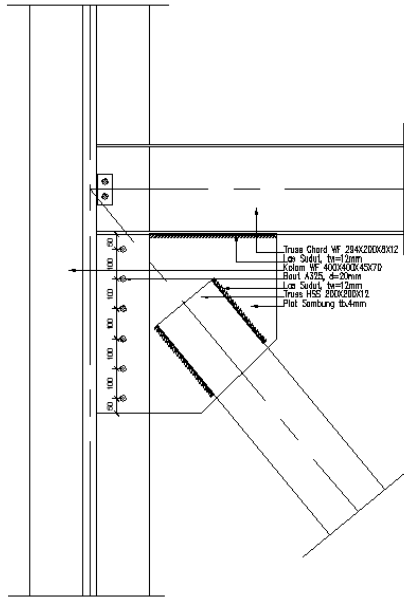
$$58799,21 < 162000 \text{ **Ok!**}$$

Kontrol Patah (Geser Block)

$$\phi \text{ Lubang} = 20 + 2 = 22 \text{ mm}$$

$$A_{nv} = L_{nv} t_p = L - n \phi_{\text{Lubang}} t_p = 60 - 6 \times 2,2 \times 1,2 \\ = 56,16 \text{ cm}^2$$

$$\phi T_n = \phi f_u A_{nv} = 0,75 \times 4100 \times 56,16 \\ = 172692 \text{ kg} > 58799,21 \text{ **Ok!**}$$



Gambar 4. 21 Sambungan Truss (Detail D)

## 2. Detail E

### Keterangan Las :

a = 120 mm

lw = 550 mm

### Keterangan Pelat :

tp = 12 mm

Pplat = 550 mm

fy = 250 Mpa = 2500 Kg/cm<sup>2</sup>

E = 200000 Mpa = 2000000 Kg/cm<sup>2</sup>

fu = 410 Mpa = 4100 Kg/cm<sup>2</sup>

### Perhitungan Gaya Dalam

Vu = 58799,21 kg                      α = 69°

Tarik yang terjadi arah x

$$\begin{aligned} V_{ux} &= V_u \cos \alpha \\ &= 58799,21 \cos 69^\circ = 21071,752 \text{ kg} \end{aligned}$$

Tarik yang terjadi arah y

$$\begin{aligned} V_{uy} &= V_u \sin \alpha \\ &= 58799,21 \sin 69^\circ = 54893,792 \text{ kg} \end{aligned}$$

#### Sambungan Pelat Sambung - Truss Chord

$$\text{Tegangan Putus Las } F_{E100XX} = 7030 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} A_w &= 2 \times 0,707 \times a \times l_w = 2 \times 0,707 \times 12 \times 550 \\ &= 93,32 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$F_{nw} = 0,6 F_{E100XX} = 0,6 \times 7030 = 4218 \text{ kg/cm}^2$$

$$R_n = F_{nw} \times A_w = 4218 \times 93,32 = 393640,6 \text{ kg}$$

Cek Persyaratan Desain

$$V_{ux} < \phi R_n$$

$$21071,752 < 0,75 \times 393640,6$$

$$21071,752 < 295230,47 \quad \mathbf{Ok!}$$

#### Sambungan Pelat Sambung - Truss

- Kuat Geser Patah pada Truss

$$R_n = F_u \times A_e = 4100 \times 72 = 297011,5 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0,75 \times 297011,5 = 222758,59 \text{ kg}$$

Dimana :

$$A_e = U \times A_n = 0,9 \times 84 = 72 \text{ cm}^2$$

$$A_n = A_g - 2 \times t_w \times t_p = 86,8 - 2 \times 1,2 \times 1,2 = 83,9 \text{ cm}^2$$

$$U = 1 - \frac{x}{l_w} \leq 0,9 = 1 - \frac{7,5}{55} \leq 0,9 = 0,9 < 0,9$$

$$x = \frac{b^2 + 2bh}{4b + h} = \frac{20^2 + 2 \times 20 \times 20}{4 \times 20 + 20} = 7,5$$

- Kuat Geser dari Truss pada Sambungan Las

$$\begin{aligned} R_n &= 0,6 \times f_y \times 4 \times l_w \times t_w = 0,6 \times 2500 \times 4 \times 55 \times 1,2 \\ &= 396000 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi R_n = 0,9 \times 396000 = 356400 \text{ kg}$$

- Kekuatan Sambungan Las Pelat Sambung pada Truss

$$\text{Tegangan Putus Las } F_{E100XX} = 7030 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_w = 4 \times 0,707 \times a \times l_w = 4 \times 0,707 \times 12 \times 55 \\ = 18,665 \text{ cm}^2$$

$$F_{nw} = 0,6 F_{E100XX} = 0,6 \times 7030 = 4218 \text{ kg/cm}^2$$

$$R_n = F_{nw} \times A_w = 4218 \times 18,665 = 78728,126 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0,75 \times 78728,126 = 59046,1 \text{ kg}$$

- Kekuatan Geser Pelat Sambung

$$R_n = 0,6 \times f_y \times 2 \times l_w \times t_p = 0,6 \times 2500 \times 2 \times 55 \times 1,2 \\ = 198000 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0,9 \times 198000 = 178200 \text{ kg}$$

Maka, kuat nominal sambungan yang menentukan = 59046,09 kg.

Cek Persyaratan Desain

$$V_{ux} < \phi R_n$$

$$58799,2 < 59046,09 \quad \text{Ok!}$$

Kontrol Pelat Sambung

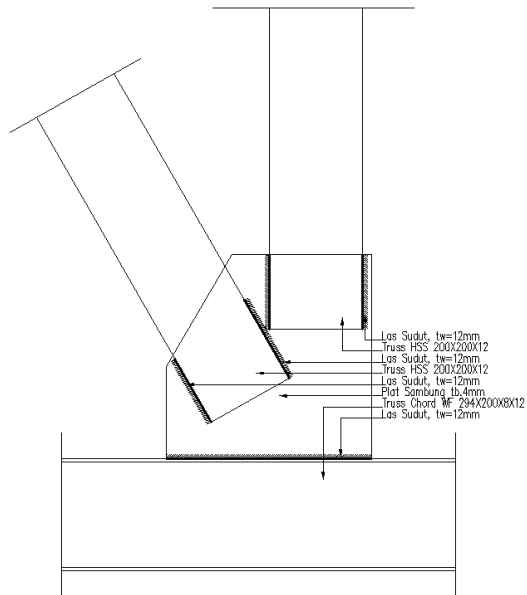
Kontrol Leleh

$$A_g = t_p \times P_{plat} = 1,2 \times 55 = 66 \text{ cm}^2$$

$$\phi T_n = \phi \times f_y \times A_g = 0,9 \times 2500 \times 66 = 148500 \text{ kg}$$

$$V_u < \phi T_n$$

$$5879,21 < 148500 \quad \text{Ok!}$$



Gambar 4. 22 Sambungan Truss (Detail E)

### 3. Detail F

#### Keterangan Las :

a = 100 mm

lw = 200 mm

#### Keterangan Pelat :

tp = 12 mm

Pplat = 200 mm

fy = 250 Mpa = 2500 Kg/cm<sup>2</sup>

E = 200000 Mpa = 2000000 Kg/cm<sup>2</sup>

fu = 410 Mpa = 4100 Kg/cm<sup>2</sup>



Perhitungan Gaya Dalam

$$V_u = 25399,08 \text{ kg} \quad \alpha = 90^\circ$$

Tarik yang terjadi arah x

$$\begin{aligned} V_{ux} &= V_u \cos \alpha \\ &= 25399,08 \cos 90^\circ = 0 \text{ kg} \end{aligned}$$

Tarik yang terjadi arah y

$$\begin{aligned} V_{uy} &= V_u \sin \alpha \\ &= 25399,08 \sin 90^\circ = 25399,08 \text{ kg} \end{aligned}$$

Sambungan Pelat Sambung - Truss Chord

$$\text{Tegangan Putus Las } F_{E100XX} = 7030 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} A_w &= 2 \times 0,707 \times a \times l_w = 2 \times 0,707 \times 10 \times 200 \\ &= 28,28 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$F_{nw} = 0,6 F_{E100XX} = 0,6 \times 7030 = 4218 \text{ kg/cm}^2$$

$$R_n = F_{nw} \times A_w = 4218 \times 28,28 = 119285 \text{ kg}$$

Cek Persyaratan Desain

$$V_{ux} < \phi R_n$$

$$25399,1 < 0,75 \times 119285$$

$$25399,1 < 89463,78 \quad \text{Ok!}$$

Sambungan Pelat Sambung - Truss

- Kuat Geser Patah pada Truss

$$R_n = F_u \times A_e = 4100 \times 52 = 214942,5 \text{ kg}$$

$$\phi R_n = 0,75 \times 214942,5 = 16106,8 \text{ kg}$$

Dimana :

$$A_e = U \times A_n = 0,6 \times 83,9 = 52 \text{ cm}^2$$

$$A_n = A_g - 2 \times t_w \times t_p = 86,8 - 2 \times 1,2 \times 1,2 = 83,9 \text{ cm}^2$$

$$U = 1 - \frac{x}{l_w} \leq 0,9 = 1 - \frac{7,5}{20} \leq 0,9 = 0,6 < 0,9$$

$$x = \frac{b^2 + 2bh}{4b + h} = \frac{20^2 + 2 \times 20 \times 20}{4 \times 20 + 20} = 7,5$$

- Kuat Geser dari Truss pada Sambungan Las  
 $R_n = 0,6 \times f_y \times 4 \times l_w \times t_w = 0,6 \times 2500 \times 4 \times 20 \times 1,2$   
 $= 114000 \text{ kg}$   
 $\phi R_n = 0,9 \times 114000 = 129600 \text{ kg}$
- Kekuatan Sambungan Las Pelat Sambung pada Truss  
 Tegangan Putus Las  $F_{E100XX} = 7030 \text{ kg/cm}^2$   
 $A_w = 4 \times 0,707 \times a \times l_w = 4 \times 0,707 \times 10 \times 20$   
 $= 5,656 \text{ cm}^2$   
 $F_{nw} = 0,6 F_{E100XX} = 0,6 \times 7030 \times (1 + 0,5 \sin^{1,5} 90)$   
 $= 6327 \text{ kg/cm}^2$   
 $R_n = F_{nw} \times A_w = 6327 \times 5,656 = 35785,512 \text{ kg}$   
 $\phi R_n = 0,75 \times 35785,512 = 26839,1 \text{ kg}$
- Kekuatan Geser Pelat Sambung  
 $R_n = 0,6 \times f_y \times 2 \times l_w \times t_p = 0,6 \times 2500 \times 2 \times 20 \times 1,2$   
 $= 72000 \text{ kg}$   
 $\phi R_n = 0,9 \times 72000 = 64800 \text{ kg}$

Maka, kuat nominal sambungan yang menentukan = 26839,13 kg.

Cek Persyaratan Desain

$$V_{ux} < \phi R_n$$

$$25399,1 < 26839,13 \quad \text{Ok!}$$

#### Kontrol Pelat Sambung

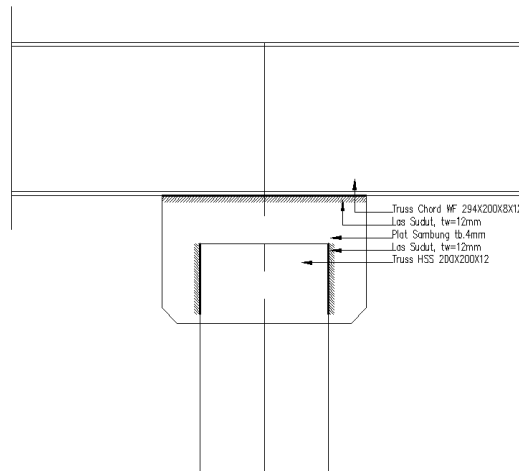
Kontrol Leleh

$$A_g = t_p \times P_{plat} = 1,2 \times 20 = 24 \text{ cm}^2$$

$$\phi T_n = \phi \times f_y \times A_g = 0,9 \times 2500 \times 24 = 54000 \text{ kg}$$

$$V_u < \phi T_n$$

$$25399,1 < 54000 \quad \text{Ok!}$$



Gambar 4. 23 Sambungan Truss (Detail F)

#### 4.4. Perencanaan Pondasi

Pondasi merupakan komponen struktur pendukung bangunan yang terbawah dan berfungsi sebagai elemen terakhir yang meneruskan beban ke tanah. Untuk merencanakan pondasi harus memperhatikan beberapa hal diantaranya jenis tanah, kondisi tanah dan struktur tanah, karena sangat berkaitan dengan daya dukung tanah tersebut dalam memikul beban yang terjadi di atasnya. Perencanaan ini meliputi perencanaan jumlah tiang pancang yang dibutuhkan, perencanaan poer (pile cap) dan perencanaan sloof (tie beam).

##### 4.4.1. Spesifikasi Tiang Pancang

Pondasi direncanakan menggunakan pondasi tiang pancang jenis pencil pile shoe beton pracetak dengan bentuk penampang bulat berongga produk dari PT WIKA BETON. Berikut spesifikasi tiang pancang yang direncanakan.

**Data Tiang Pancang**

Diameter Outside	= 400 mm
Wall thickness	= 75 mm
Class	= A2
Allowable Axial load	= 121,1 Ton

**4.4.2. Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal**

Pada Perhitungan kali ini diambil pada kedalaman 27 m. Untuk nilai  $N_1, N_2$  dan  $N_3$  diambil berdasarkan besar  $N$  SPT di sekitar kedalaman 27 m.

$$K = 25 \text{ t/m}^2 \text{ (Lanau berpasir)}$$

$$q_p = N_p \times K = \frac{N_1 + N_2 + N_3}{4D} \times K = \frac{26 + 19 + 20}{4 \times 400} \times 25$$

$$= 1015,25 \text{ t/m}^2$$

$$A_p = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 0,6^2 = 0,13 \text{ m}^2$$

$$Q_p = q_p \times A_p = 1015,25 \times 0,13 = 127,56 \text{ Ton}$$

$$N_s = (\Sigma N_i/i) = 200/11 = 18,2 \text{ t/m}^2$$

$$A_s = \pi \times D \times h_i = \pi \times 0,4 \times 27 = 33,9 \text{ m}^2$$

$$Q_s = \left( \frac{N_s}{3} + 1 \right) \times A_s = \left( \frac{18,2}{3} + 1 \right) \times 33,9 = 239 \text{ Ton}$$

$$Q_L = Q_p + Q_s = 127,56 + 239 = 367 \text{ Ton}$$

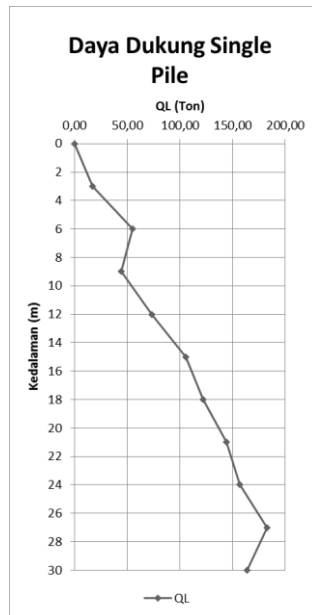
$$SF = 3$$

$$Q_{ijin} = Q_L / SF = 367 / 3 = 122,3 \text{ Ton}$$

Untuk daya dukung tiang pancang tunggal di kedalaman lain bisa dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. 9 Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal

No	Depth m	N	N <sub>p</sub>	K t/m <sup>2</sup>	q <sub>p</sub> t/m <sup>2</sup>	A <sub>p</sub> m <sup>2</sup>	Q <sub>p</sub> T	Σn <sub>i</sub>	N <sub>s</sub>	A <sub>s</sub> m <sup>2</sup>	Q <sub>s</sub> Ton	Q <sub>L</sub> Ton	SF	Q <sub>ijin</sub> Ton
1	0	0	0,0	20	0	0,283	0	0	0	0,00	0	0,00	3	0,00
2	3	8	10,8	12	130	0,283	36,7	8	4	5,65	13,19	49,93	3	16,64
3	6	18	21,3	20	425	0,283	120	26	8,67	11,30	43,96	164,1	3	54,69
4	9	25	26,7	12	320	0,283	90,4	51	4,5	16,96	42,39	132,82	3	44,27
5	12	21	26,3	12	315	0,283	89	72	14,4	22,61	131,1	220,15	3	73,38
6	15	17	26,3	20	525	0,283	148	89	14,8	28,26	168	316,36	3	105,45
7	18	25	26,3	20	525	0,283	148	114	16,3	33,91	218	366,37	3	122,12
8	21	21	30,0	20	600	0,283	170	135	16,9	39,56	262,1	431,67	3	143,89
9	24	26	27,5	20	550	0,283	155	161	17,9	45,22	314,8	470,27	3	156,76
10	27	19	27,1	25	677	0,283	191	180	18	50,87	356,1	547,42	3	182,47
11	30	20	16,3	20	325	0,283	91,8	200	18,2	56,52	399,1	490,91	3	163,64



Gambar 4. 24 Grafik Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal

#### 4.4.3. Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok

- **Dimensi Poer**

Jarak dari as ke as antar tiang pancang direncanakan seperti pada perhitungan dibawah ini:

Jarak antar tiang pancang.

$$2D \leq S \leq 3D$$

$$2 \times 0,4 \leq S \leq 3 \times 0,4$$

$$1,2 \leq S \leq 1,8$$

Dipakai jarak sebesar 1,25 m.

Jarak tiang pancang ke tepi.

$$1,5D \leq S' \leq 2D$$

$$1,5 \times 0,4 \leq S' \leq 2 \times 0,4$$

$$0,9 \leq S' \leq 1,2$$

Dipakai jarak sebesar 0,75 m

Tinggi Poer direncanakan sebesar 1 m

- **Gaya dalam**

Pada perhitungan kali ini digunakan gaya dalam pada joint

25. Dengan gaya dalam sebagai berikut:

$$P = 298,1 \text{ Ton}$$

$$H_x = 3,78 \text{ Ton}$$

$$H_y = 3,89 \text{ Ton}$$

$$M_x = 22,48 \text{ Ton.m}$$

$$M_y = 11,77 \text{ Ton.m}$$

- **Gaya Aksial Akibat Beban**

$$P = 298,1 \text{ Ton}$$

$$\begin{aligned} M_x \text{ kombinasi} &= M_x + H_y \times h_{\text{poer}} \\ &= 22,48 + 3,89 \times 1 = 26,37 \text{ Ton.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_y \text{ kombinasi} &= M_y + H_x \times h_{\text{poer}} \\ &= 11,77 + 22,48 \times 1 = 15,55 \text{ Ton.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat poer} &= V_{\text{poer}} \times BJ_{\text{Beton}} = 2,75 \times 2,75 \times 1 \times 2,4 \\ &= 18,15 \text{ T} \end{aligned}$$

$$\Sigma P = P + \text{Berat Poer} = 298,1 + 18,15 = 316,3 \text{ T}$$

- **Jumlah tiang pancang dalam 1 grup**

$$n = \frac{\Sigma P}{Q_{\text{ijin}}} = \frac{316,3}{183,5} = 2,585 \approx 4 \text{ Buah}$$

- **Efisiensi daya dukung tiang pancang kelompok**

$$\begin{aligned} \eta &= 1 - \frac{D}{\pi \cdot S \cdot m} \left[ m \cdot (n - 1) + (m - 1) + \right. \\ &\quad \left. \sqrt{2(m - 1)(n - 1)} \right] \\ &= 1 - \frac{400}{\pi \cdot 1250 \cdot 2} \left[ 2 \cdot (2 - 1) + (2 - 1) + \right. \\ &\quad \left. \sqrt{2(2 - 1)(2 - 1)} \right] \\ &= 0,775 \end{aligned}$$

- **Syarat :**

$$\Sigma P < Q_{\text{kelompok}}$$

$$316,3 \text{ Ton} < Q_{\text{ijin}} \times n \times \eta$$

$$316,3 \text{ Ton} < 183,5 \times 4 \times 0,775$$

$$316,3 \text{ Ton} < 377,15 \text{ Ton} \text{ Ok!}$$

#### 4.4.4. Kontrol Beban Maksimum Tiang (Pmax) Kolom

Beban maksimum yang bekerja pada satu tiang kelompok dihitung berdasarkan gaya aksial dan momen yang bekerja pada tiang.

$$P_{\max} = \left( \frac{P}{n} + \frac{My.X_{maks}}{\sum x^2} + \frac{Mx.Y_{maks}}{\sum y^2} \right)$$

$$P_{\max} = \left( \frac{316,3}{4} + \frac{15,55 \times 1,25}{1,25 \times 4} + \frac{26,37 \times 1,25}{1,25 \times 4} \right) = 87,5 \text{ Ton}$$

#### 4.4.5. Kontrol Kekuatan Tiang Pancang Kolom Terhadap Kekuatan Aksial

Tiang Pancang Berdasarkan spesifikasinya tidak diperkenankan menerima gaya aksial sebagai berikut:

Allowable axial load = 122,3 Ton

Syarat:

$P_{\max} < P_{ijin}$

87,5 Ton < 122,3 Ton **Ok!**

#### 4.4.6. Perencanaan Poer

Poer direncanakan untuk meneruskan gaya dari struktur atas ke pondasi tiang pancang. Oleh karena itu poer harus memiliki kekuatan yang cukup terhadap geser pons dan lentur.

- **Data Perencanaan :**

$\sum n$  = 4 buah

Dimensi Kolom = 650 x 650 mm<sup>2</sup>

Dimensi Poer = 2,75 x 2,75 x 1 m<sup>3</sup>

Mutu beton (f'c) = 30 Mpa

Mutu baja (fy) = 400 Mpa

Dtulangan = 25 mm

decking = 75 mm

dx = h-decking-½D = 1000-75-½.25

= 912,5 mm

dy = h-decking-D-½D = 1000-75-25-½.25

= 887,5 mm

- **Kontrol Geser Pons**

Dalam merencanakan poer harus dipenuhi persyaratan kekuatan gaya geser nominal beton yang harus lebih besar dari geser pons yang terjadi. Hal ini sesuai yang disyaratkan pada SNI 03-2847-2002 Pasal 13.12(2). Kuat geser yang disumbangkan beton diambil yang terkecil dari perumusan berikut:

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_o \cdot d$$

$$V_c = 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_o \cdot d$$

$$\beta = \text{rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek beton dari daerah beban terpusat atau reaksi.}$$

$$= 650/650 = 1$$

$$b_o = \text{Keliling penampang kritis pada poer}$$

$$= 2(b_k + d) + 2(h_k + d)$$

$$= 2(650 + 912,5) + 2(650 + 912,5) = 6250 \text{ mm}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 0,17 \left(1 + \frac{2}{1}\right) 1 \cdot \sqrt{30} \cdot 6250 \cdot 912,5 = 1195 \text{ T}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 0,33 \cdot 1 \cdot \sqrt{30} \cdot 6250 \cdot 912,5 = 773,12 \text{ T}$$

syarat:

$$P_u < \phi V_c$$

$$298 \text{ T} < 773,12 \text{ T} \quad \text{Ok!}$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer yang direncanakan memenuhi syarat terhadap geser ponds.

- **Penulangan Poer**

Untuk penulangan lentur, poer dianalisa sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom. Sedangkan beban yang bekerja adalah beban terpusat (P) di tiang kolom yang berasal dari gaya perlawanan tanah (beban ijin terpusat dari tiang) dan beban terbagi rata (q) yang berasal dari berat sendiri poer. Perhitungan gaya dalam pada poer didapat dengan teori mekanika statis tertentu.



$$P_{\max} = 87,5 \text{ T}$$

$$Q_{\text{poer}} = h \times b \times \text{BJ Beton} = 1 \times 2,75 \times 2,4 = 6,6 \text{ t/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen} &= 2 \times 1,25 - \frac{1}{2} \times 6,6 \times 2,0^2 = 205,4269225 \text{ Ton.m} \\ &= 2054269225 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Penulangan Arah X

$$\rho_{\min} = 1,4/f_y = 1,4/400 = 0,0035$$

$$R_n = \frac{M}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{2054269225}{0,9 \times 2750 \times 912,5^2} = 1,00$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 15,7$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,7} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 15,7 \times 1}{400}} \right) = 0,00254 \end{aligned}$$

Maka digunakan  $\rho = 0,0035$

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho \times b \times d = 0,0035 \times 1000 \times 912,5 = 3194 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ tulangan}} = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 25^2 = 491 \text{ mm}^2$$

$$S_{\text{tulangan}} = \frac{1000}{(3194/491)} = 154 \text{ mm} \approx 160 \text{ mm}$$

Penulangan lentur bawah D25-160 mm (2453,125 mm<sup>2</sup>).

Untuk penulangan lentur atas digunakan  $\frac{1}{2}$  Lentur bawah, maka penulangannya D19-200 mm.

#### 4.4.7. Perencanaan Sloof

- Data Perencanaan**

Mutu beton ( $f'_c$ ) = 30 Mpa

Mutu baja ( $f_y$ ) = 400 Mpa

b = 300 mm

h = 400 mm

D lentur = 13 mm

Ø sengkang = 10 mm

decking = 40 mm

d' = h - decking - Ø -  $\frac{1}{2}$ D

$$= 400 - 40 - 10 - \frac{1}{2} 13 = 344 \text{ mm}$$

L sloof terbesar = 6 m

- **Gaya Dalam**

$$P = 10\% P_{kolom} = 10\% \times 298,1 = 29,81 \text{ Ton}$$

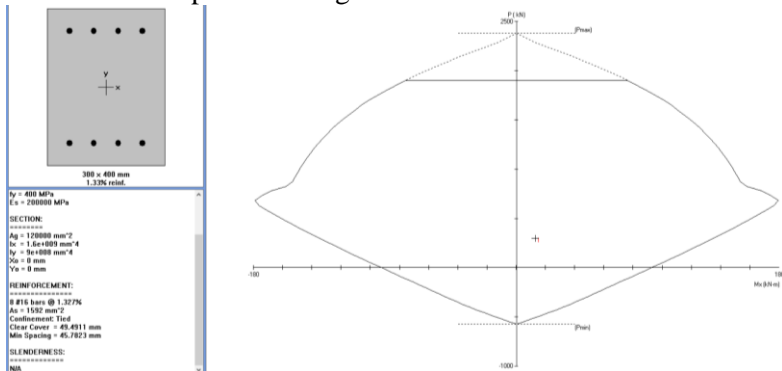
$$Q_{\text{sloff}} = h \times b \times b_j = 0,4 \times 0,3 \times 2,4 = 0,288 \text{ t/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen} &= (1/8) Q L^2 = (1/8) \times 0,288 \times 6^2 \\ &= 1,2960 \text{ Ton.m} \end{aligned}$$

$$V = \frac{1}{2} Q L = \frac{1}{2} \times 0,288 \times 6 = 8640 \text{ N}$$

- **Penulangan Lentur Sloff**

Pada penulangan lentur sloff menggunakan program bantu Pccol dan didapatkan tulangan 8 D 16 sudah memenuhi.



Gambar 4. 25 Diagram Penulangan Lentur Sloof (Output PCA COL)

- **Penulangan Geser Sloff**

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0,75 \times 0,17 \times b_w \times d \times \sqrt{f'_c} \\ &= 0,75 \times 1,7 \times 300 \times 344 \times \sqrt{30} = 71965 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat:

$$\phi V_c > V_{\text{sloff}}$$

$$71965 \text{ N} > 8640 \text{ N} \quad \text{Ok!}$$

Dipasang tulangan geser minimum d/2 atau 300 mm.

$$S = d/2 = 344/2 = 171,8 \approx 200 \text{ mm}$$

- **Review penulangan**

Lentur Atas 4D16

Lentur Bawah 4D16

Sengkang D10-200 mm

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Dari hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil perhitungan struktur sekunder didapatkan :
  - a. Plat lantai menggunakan HCS dari PT. BETON ELEMENINDO PERKASA  $t = 120$  mm.
  - c. Balok tangga :
    - Bordes WF 100 x 50 x 5 x 7
    - Utama WF 250 x 125 x 5 x 8
    - Penumpu WF 250 x 125 x 5 x 8
  - d. Balok lift
    - Penumpu WF 300 x 150 x 6,5 x 9
2. Dari hasil perhitungan struktur primer didapatkan :
  - a. Kolom WF 400 x 400 x 70 x 45
  - b. Spandrel Beam (Lantai) WF 588 x 300 x 12 x 20
  - c. Spandrel Beam (Atap) WF 600 x 200 x 17 x 11
  - d. Vierendel Panel WF 298 x 149 x 8 x 5,5
  - e. Truss Chord WF 294 x 200 x 12 x 8
  - f. Truss Diagonal HSS 200 x 200 x 12
  - g. Truss Vertikal HSS 200 x 200 x 12
3. Permodelan analisis struktur menggunakan program bantu SAP 2000v14, dengan 4 kontrol desain yaitu:
  - a. Kontrol partisipasi massa.
  - b. Kontrol periode getar struktur.
  - c. Kontrol nilai akhir respon spektrum.
  - d. Kontrol batas simpangan (*drift*).
4. Perencanaan sambungan di desain menggunakan kombinasi beban ultimate yang didapat dari output SAP. Dalam perencanaan ini, sambungan yang digunakan adalah sambungan las & baut.
5. Pondasi struktur menggunakan tiang pancang PT. WIKA Beton dengan  $D = 40$  cm dengan kedalaman 27 m

berdasarkan hasil penyelidikan tanah SPT (*Standard Penetration Test*).

6. Hasil dari perencanaan struktur dapat dilihat pada lampiran gambar berupa gambar teknik.

## **5.2. Saran**

Sebaiknya dilakukan studi yang mempelajari tentang perencanaan struktur STF lebih lanjut dengan mempertimbangkan aspek teknis, ekonomi, dan estetika. Sehingga diharapkan perencanaan dapat dimodelkan semirip mungkin dengan kondisi sesungguhnya di lapangan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Isdarmanu, M. (2006). *Buku Ajar: Struktur Baja*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Joh K, J., & S., P. (2015). *International Journal of Civil Engineering and Technology. Behaviour of Steel Staggered Truss System Under Seismic Loading*, Volume 6.
- Kim, J., & Lee, J. (2006). *First European Conference on Earthquake Engineering and Seismology. Seismic Behaviour of Staggered Truss Systems*, 164.
- Nidiasair, Suryanati, & Eem. (2014). *Journal Teknik Sipil Universitas Andalas. Perilaku Struktur Baja Tipe MRF Dengan Beban Lateral Berdasarkan SNI 1726-2012 dan Metode Performance Based Plastic Design (PBPD)*, 13.
- Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung. (1983). Bandung: Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Setiawan, A. (2008). *Perencanaan Struktur Baja Metode LRFD*. Jakarta: Erlangga.
- SNI 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. (2012). Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 1729-2015 Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural. (2015). Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 2847 : 2013 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung. (2013). Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Wexler, N., & Lin, F.-B. (2001). *Steel Design Guide 14 Staggered Truss Framing Systems*. New York: American Institute of Steel Construction.
- Y, D. S. (n.d.). *Bidang Rekayasa. Sistem Staggered Truss Frame Sebagai Alternatif Sistem Struktur Bentang Lebar pada Gedung Bertingkat*, Vol 6, No 2.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BIODATA PENULIS



### **AGUNG HADI SAPUTRO**

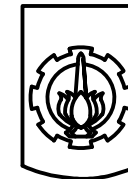
Penulis dilahirkan di Gresik 25 Maret 1994. Merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Tambak Beras Cerme Gresik, SMPN 2 Kebomas Gressik, SMA Muhammadiyah 1 Gresik. Setelah lulus dari SMA Muhammadiyah 1 Gresik pada tahun 2012, penulis mulai mengejar lagi cita-citanya untuk kuliah di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan mengikuti SNMPTN,

tetapi penulis gagal di terima di ITS lewat jalur SNMPTN, kemudian penulis masih bersemangat mengejar cita-citanya lagi dengan mendaftar di Program Studi Diploma III ITS, dan akhirnya Allah SWT merestui penulis untuk melanjutkan studi di ITS dengan di terima di Jurusan Diploma III Teknik Sipil ITS pada tahun 2012. Setelah lulus Diploma III ITS penulis melanjutkan kuliah di S1 Lintas Jalur Teknik Sipil ITS pada tahun 2015 dan terdaftar dengan NRP 3115105058.

Email : [agunghadi125@gmail.com](mailto:agunghadi125@gmail.com)







**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

JURUSAN

**S1 LJ TEKNIK SIPIL  
FTSP-ITS**

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

NAMA PROYEK

GEDUNG 9 LANTAI UNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH GRESIK

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG 9  
LANTAI UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH  
GRESIK MENGGUNAKAN STAGGERED TRUSS  
FRAMING SYSTEMS

GAMBAR

SKALA

DENAH LANTAI 3  
DENAH LANTAI 4

1 : 200  
1 : 200

NAMA DOSEN PEMBIMBING

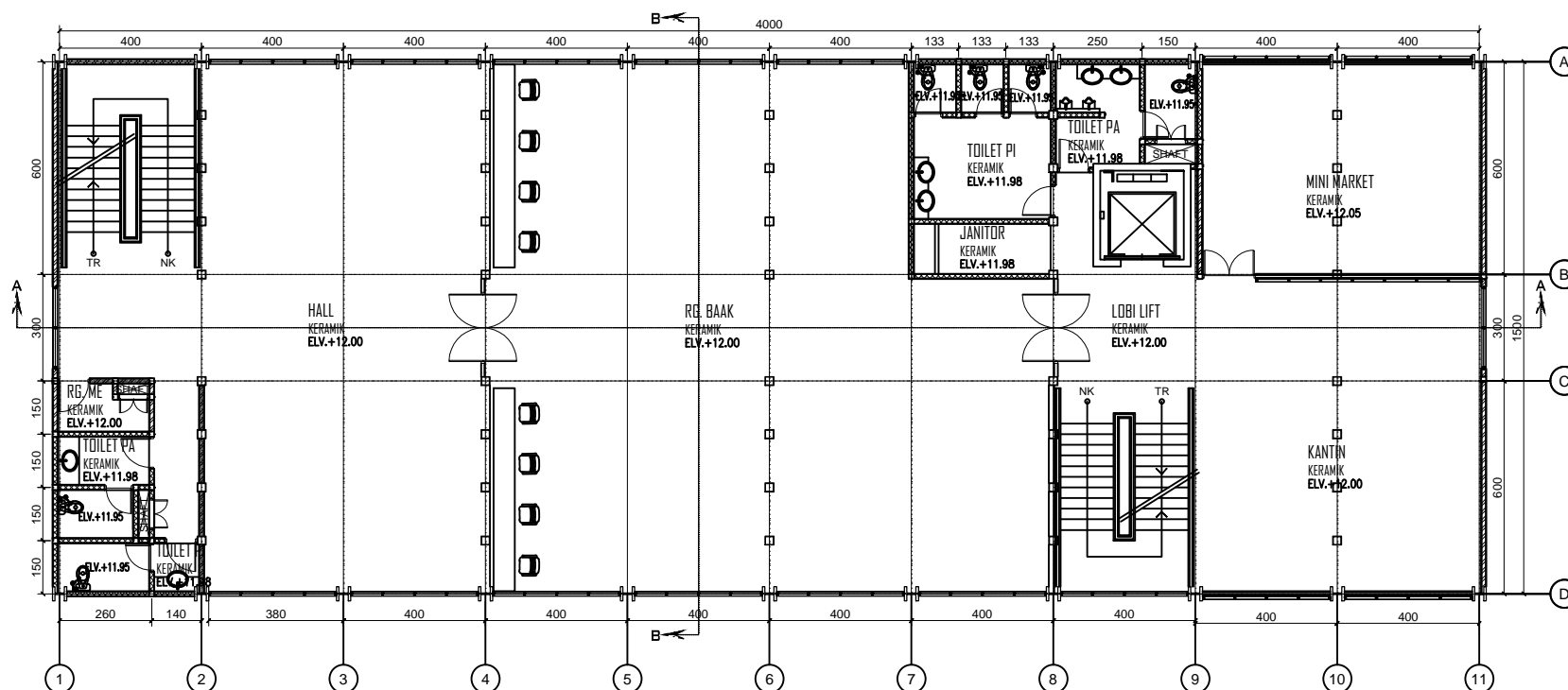
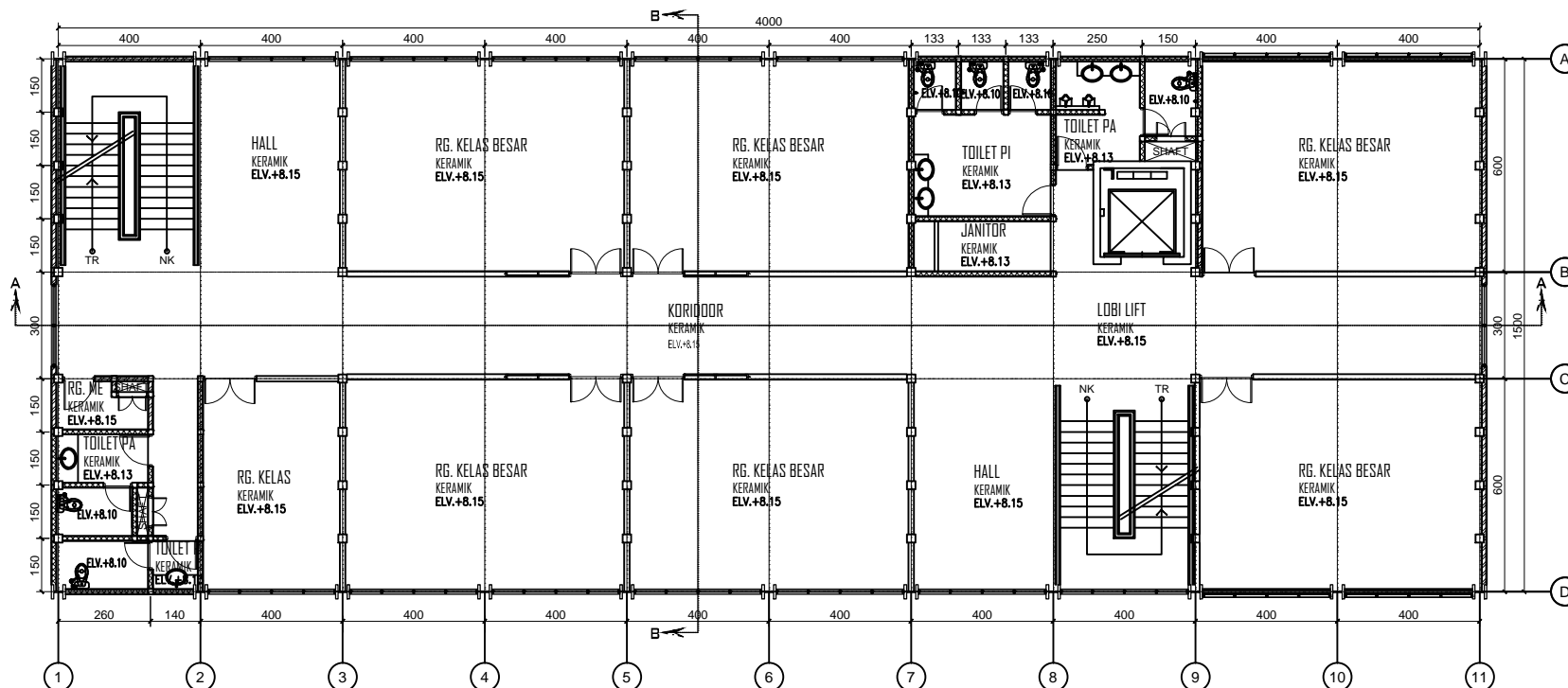
DATA IRANATA, ST., M.T., Ph.d  
198004302005011002

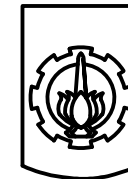
NAMA MAHASISWA

AGUNG HADI SAPUTRO  
3115105058

KETERANGAN

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JML. GAMBAR
ARS	02	20





**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

JURUSAN

**S1 LJ TEKNIK SIPIL  
FTSP-ITS**

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

NAMA PROYEK

GEDUNG 9 LANTAI UNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH GRESIK

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG 9  
LANTAI UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH  
GRESIK MENGGUNAKAN *STAGGERED TRUSS*  
*FRAMING SYSTEMS*

GAMBAR

SKALA

DENAH LANTAI 5  
DENAH LANTAI 6

1 : 200  
1 : 200

NAMA DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA, ST., M.T., Ph.d  
198004302005011002

NAMA MAHASISWA

AGUNG HADI SAPUTRO  
3115105058

KETERANGAN

KODE GAMBAR

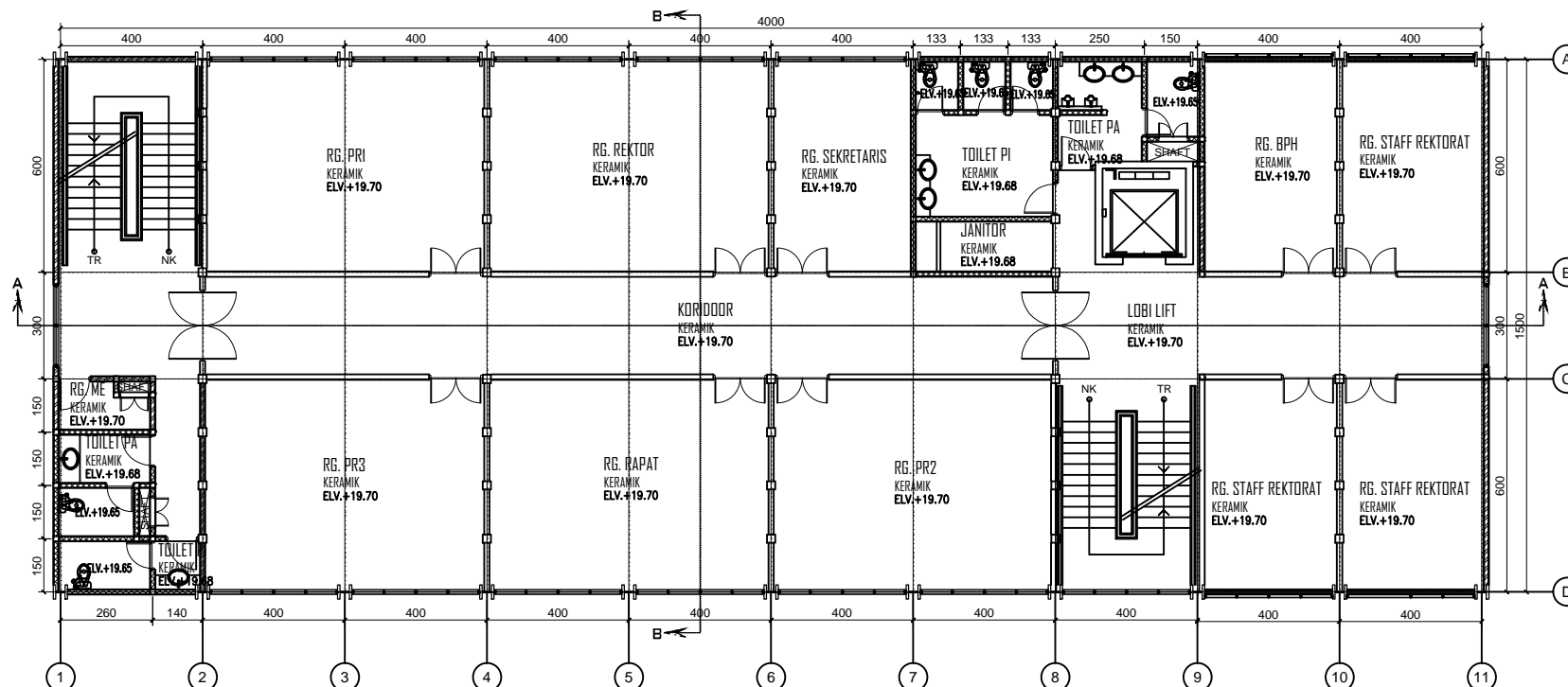
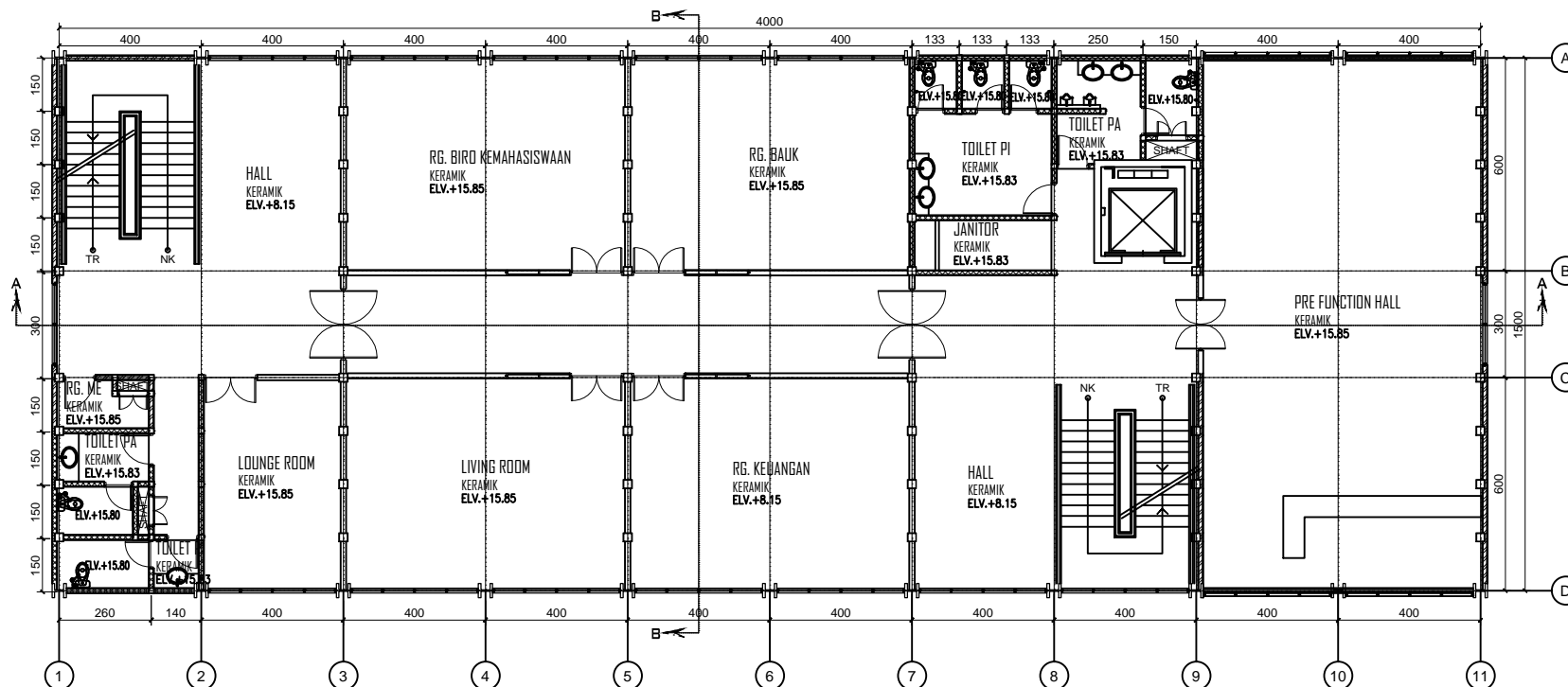
NO. LEMBAR

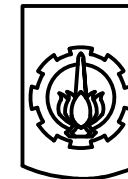
JML. GAMBAR

ARS

03

20





**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

JURUSAN

**S1 LJ TEKNIK SIPIL  
FTSP-ITS**

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

NAMA PROYEK

GEDUNG 9 LANTAI UNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH GRESIK

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG 9  
LANTAI UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH  
GRESIK MENGGUNAKAN *STAGGERED TRUSS  
FRAMING SYSTEMS*

GAMBAR

SKALA

DENAH LANTAI 7  
DENAH LANTAI 8

1 : 200  
1 : 200

NAMA DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA, ST., M.T., Ph.d  
198004302005011002

NAMA MAHASISWA

AGUNG HADI SAPUTRO  
3115105058

KETERANGAN

KODE GAMBAR

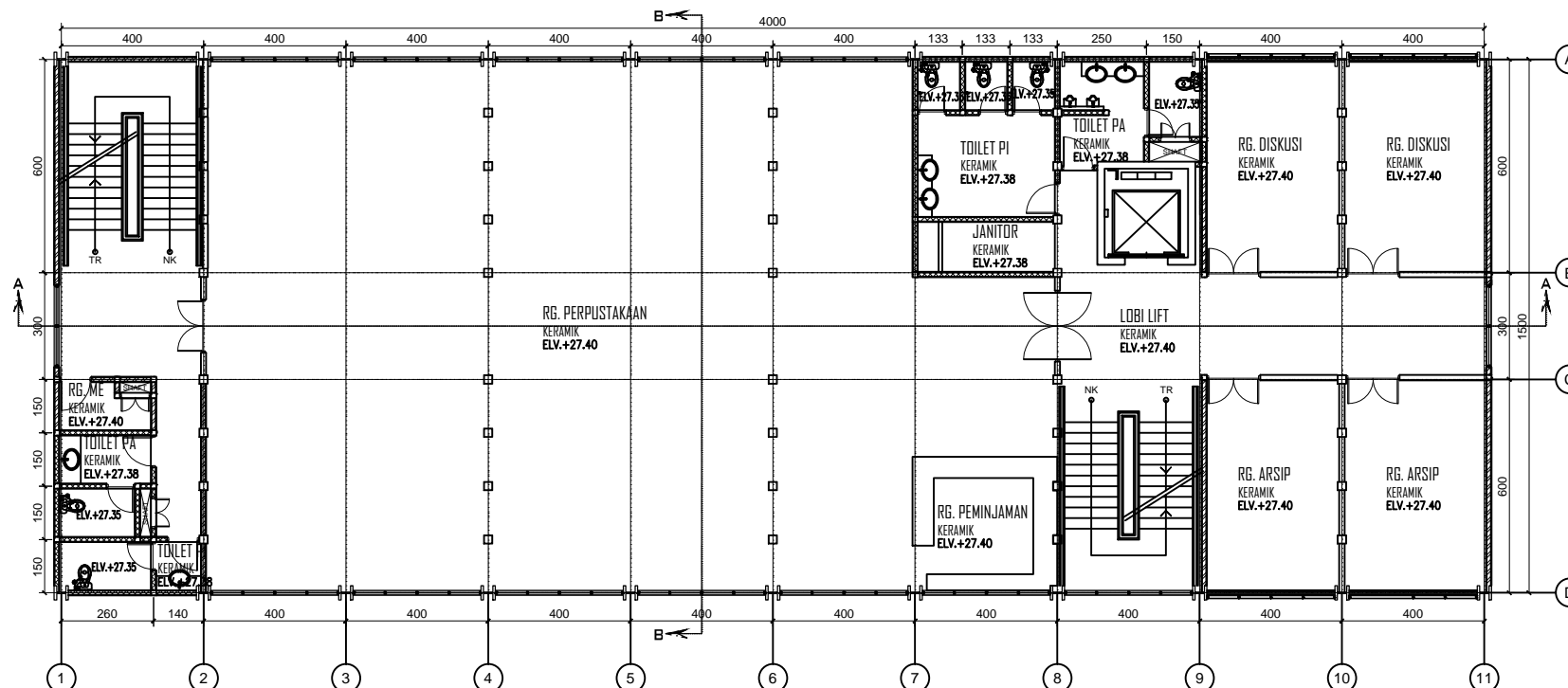
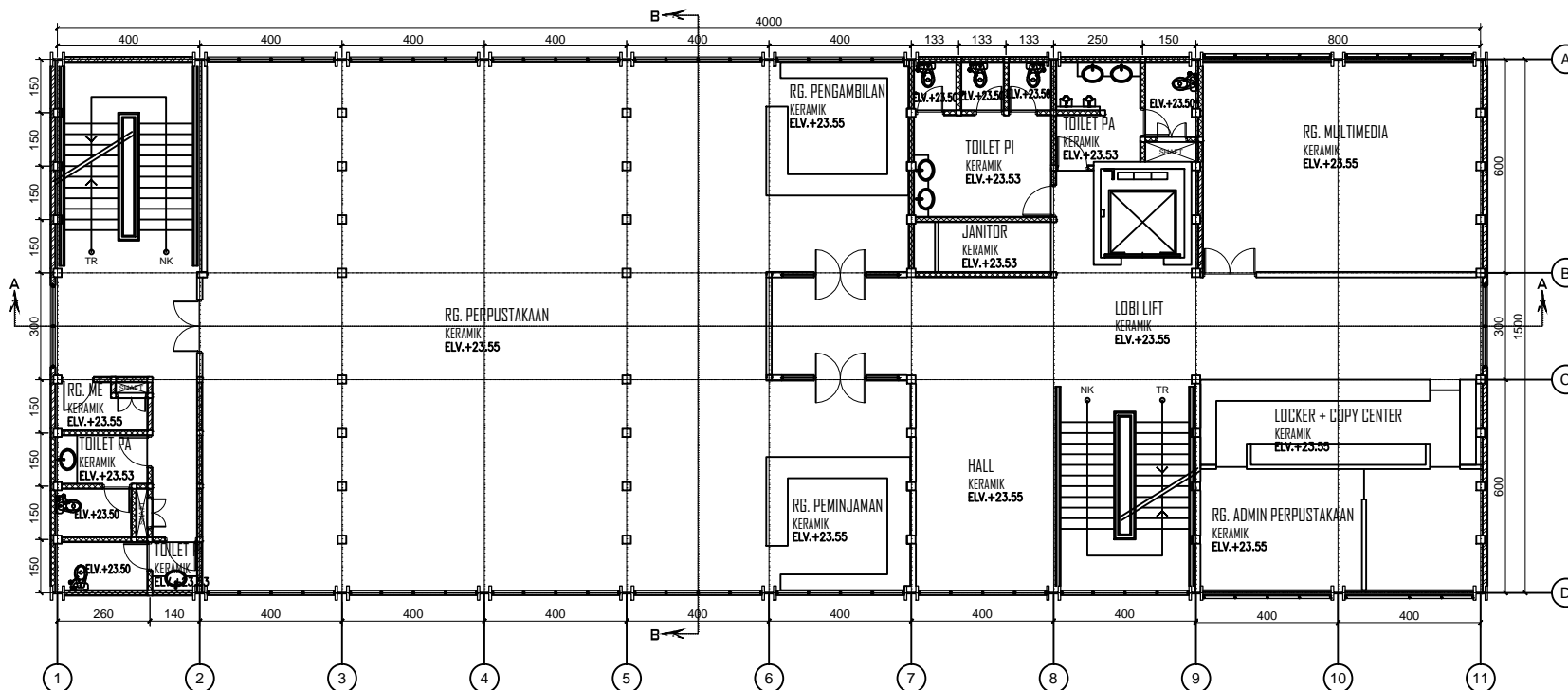
NO. LEMBAR

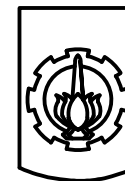
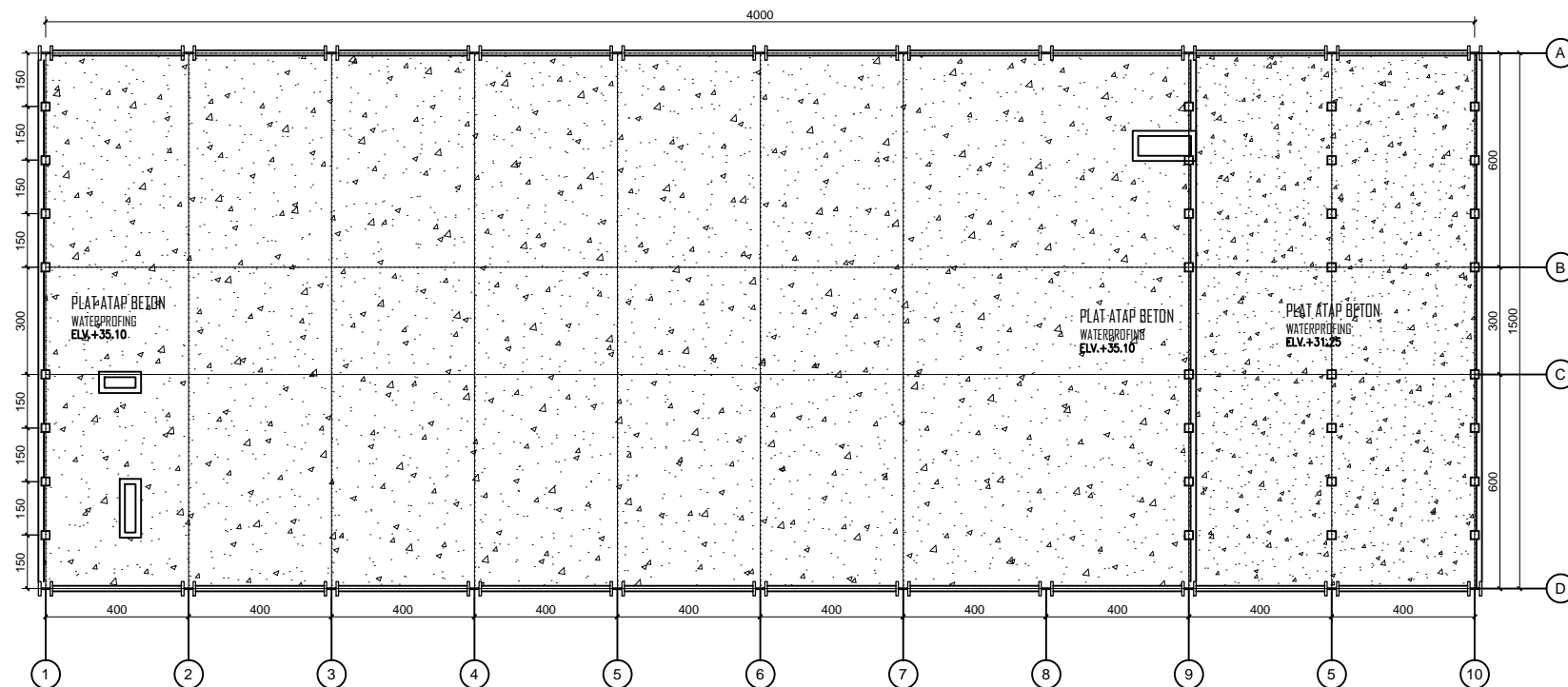
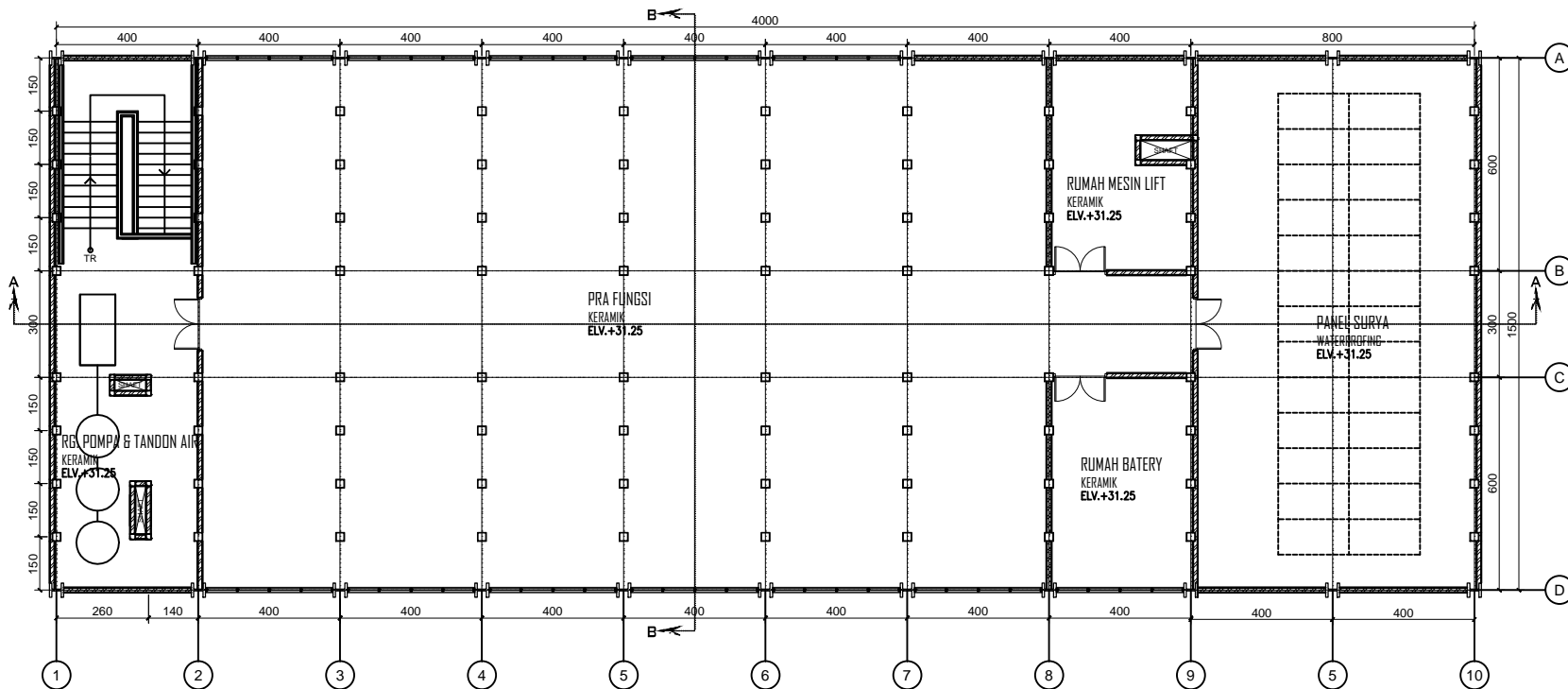
JML. GAMBAR

ARS

04

20





**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

JURUSAN

**S1 LJ TEKNIK SIPIL  
FTSP-ITS**

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

NAMA PROYEK

GEDUNG 9 LANTAI UNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH GRESIK

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG 9  
LANTAI UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH  
GRESIK MENGGUNAKAN *STAGGERED TRUSS*  
*FRAMING SYSTEMS*

GAMBAR

DENAH LANTAI 9  
DENAH ATAP

SKALA

1 : 200  
1 : 200

NAMA DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA, ST., M.T., Ph.d  
198004302005011002

NAMA MAHASISWA

AGUNG HADI SAPUTRO  
3115105058

KETERANGAN

KODE GAMBAR

ARS

NO. LEMBAR

05

JML. GAMBAR

20



JURUSAN

S1 LJ TEKNIK SIPIL  
FTSP-ITS

MATA KULIAH

## TUGAS AKHIR

NAMA PROYEK

GEDUNG 9 LANTAI UNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH GRESIK

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG 9  
LANTAI UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH  
GRESIK MENGGUNAKAN *STAGGERED TRUSS*  
*FRAMING SYSTEMS*

GAMBAR

TAMPAK DEPAN

SKALA

1 : 200
---------

NAMA DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA, ST., M.T., Ph.d  
198004302005011002

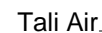
---

NAMA MAHASISWA

AGUNG HADI SAPUTRO  
3115105058

KETERANGAN

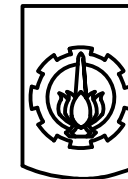
KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JML. GAMBAR
ARS	06	20



Beton Expose.

Kolom Baja.

 TAMPAK DEPAN



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

JURUSAN

**S1 LJ TEKNIK SIPIL  
FTSP-ITS**

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

NAMA PROYEK

GEDUNG 9 LANTAI UNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH GRESIK

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG 9  
LANTAI UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH  
GRESIK MENGGUNAKAN *STAGGERED TRUSS  
FRAMING SYSTEMS*

GAMBAR

SKALA

TAMPAK BELAKANG

1 : 200

NAMA DOSEN PEMBIMBING

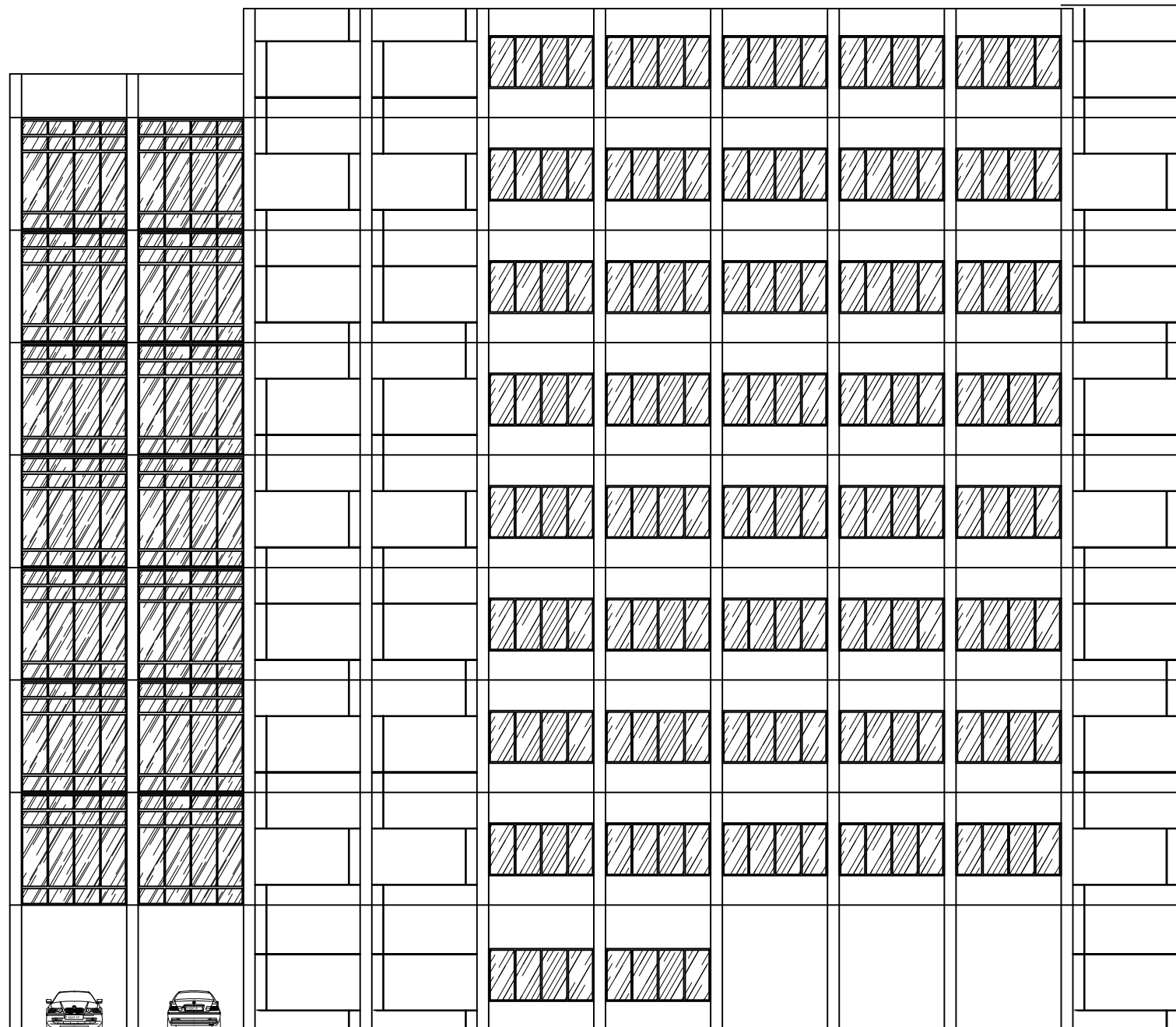
DATA IRANATA, ST., M.T., Ph.d  
198004302005011002

NAMA MAHASISWA

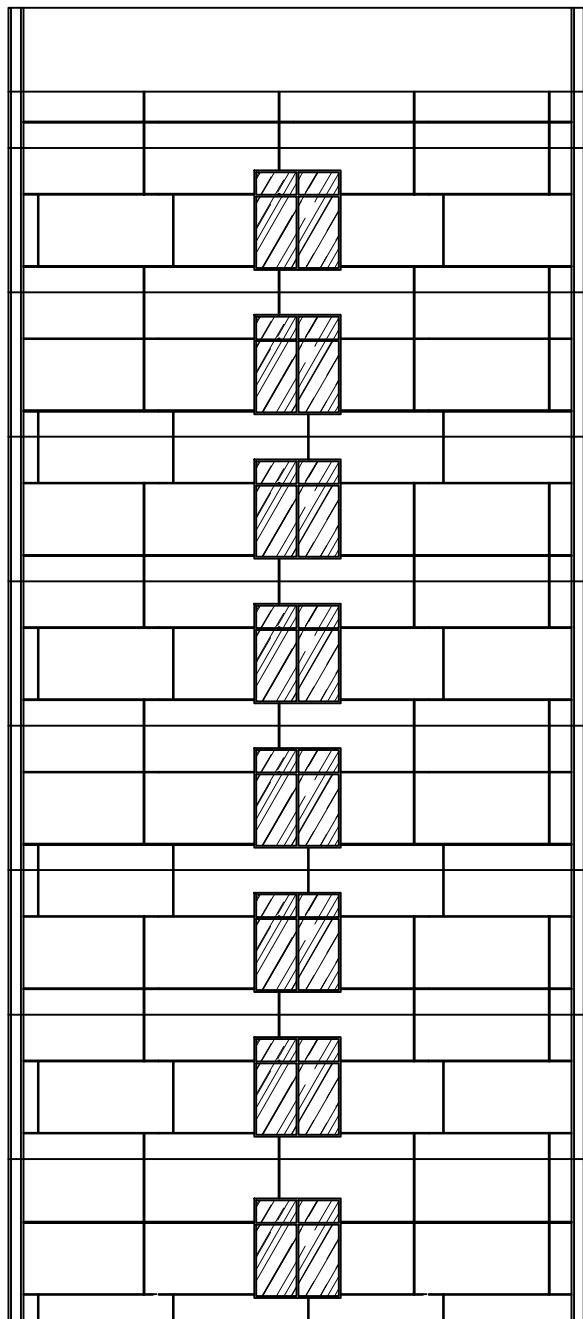
AGUNG HADI SAPUTRO  
3115105058

KETERANGAN

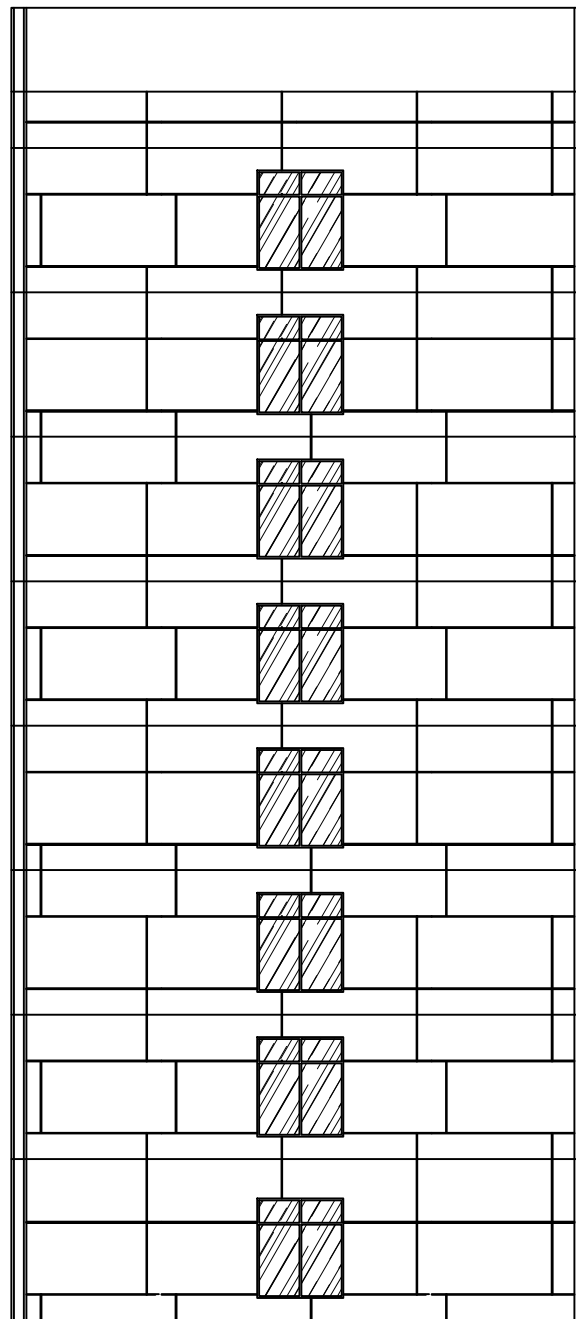
KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JML. GAMBAR
ARS	07	20



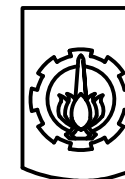
 TAMPAK BELAKANG  
1:200



 TAMPAK SAMPING KIRI  
1:200



 TAMPAK SAMPING KANAN  
1:200



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

JURUSAN

**S1 LJ TEKNIK SIPIL**  
**FTSP-ITS**

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

NAMA PROYEK

**GEDUNG 9 LANTAI UNIVERSITAS**  
**MUHAMMADIYAH GRESIK**

JUDUL TUGAS AKHIR

**MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG 9**  
**LANTAI UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH**  
**GRESIK MENGGUNAKAN STAGGERED TRUSS**  
**FRAMING SYSTEMS**

GAMBAR

SKALA

TAMPAK SAMPING KIRI  
TAMPAK SAMPING KANAN

1 : 200  
1 : 200

NAMA DOSEN PEMBIMBING

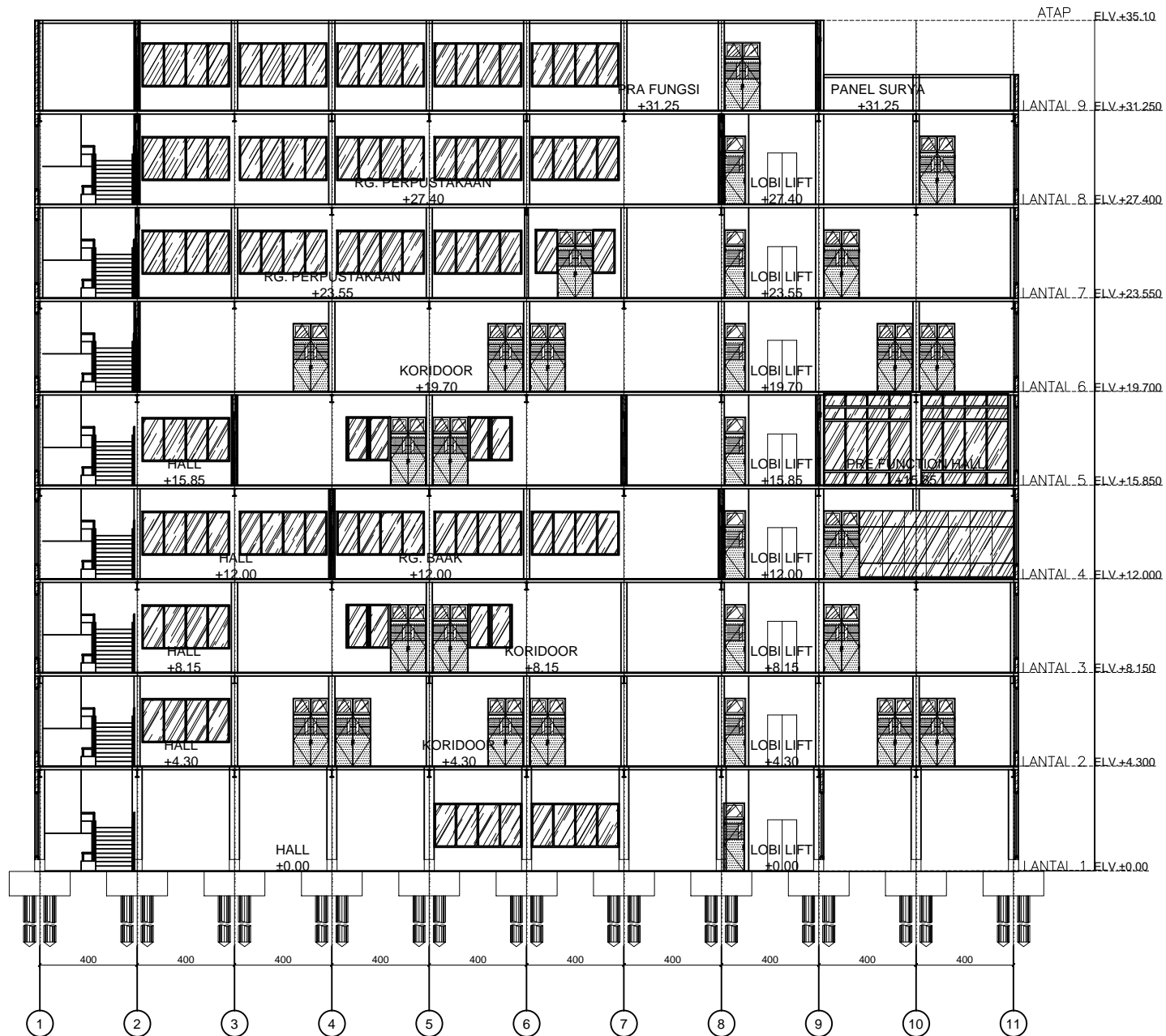
DATA IRANATA, ST., M.T., Ph.d  
198004302005011002

NAMA MAHASISWA

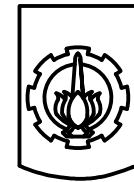
AGUNG HADI SAPUTRO  
3115105058

KETERANGAN

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JML. GAMBAR
ARS	08	20



POTONGAN A-A  
1:250



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

JURUSAN

**S1 LJ TEKNIK SIPIL  
FTSP-ITS**

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

NAMA PROYEK

GEDUNG 9 LANTAI UNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH GRESIK

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG 9  
LANTAI UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH  
GRESIK MENGGUNAKAN *STAGGERED TRUSS*  
*FRAMING SYSTEMS*

GAMBAR

SKALA

POTONGAN A-A

1 : 250

NAMA DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA, ST., M.T., Ph.d  
198004302005011002

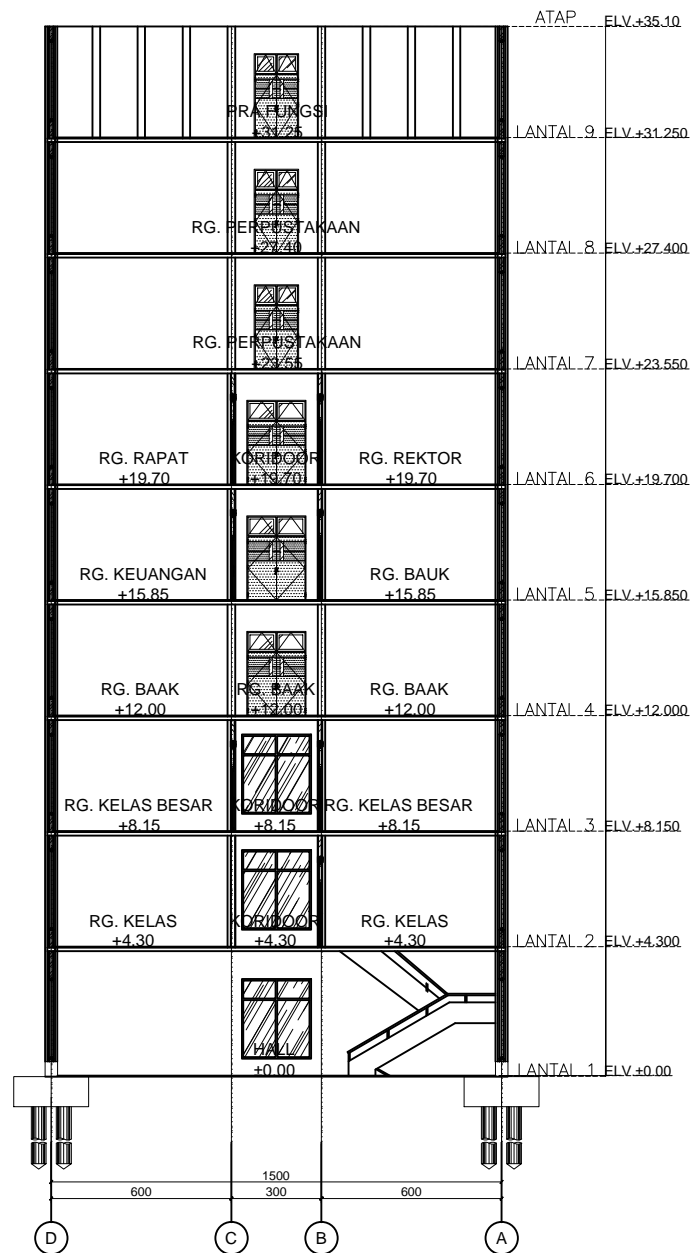
NAMA MAHASISWA

AGUNG HADI SAPUTRO  
3115105058

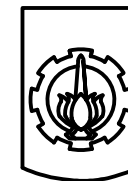
KETERANGAN

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JML. GAMBAR
ARS	09	20





**POTONGAN B-B**  
1:250



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

JURUSAN

**S1 LJ TEKNIK SIPIL  
FTSP-ITS**

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

NAMA PROYEK

GEDUNG 9 LANTAI UNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH GRESIK

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG 9  
LANTAI UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH  
GRESIK MENGGUNAKAN *STAGGERED TRUSS*  
*FRAMING SYSTEMS*

GAMBAR

POTONGAN B-B

SKALA

1 : 250

NAMA DOSEN PEMBIMBING

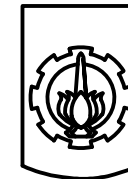
DATA IRANATA, ST., M.T., Ph.d  
198004302005011002

NAMA MAHASISWA

AGUNG HADI SAPUTRO  
3115105058

KETERANGAN

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JML. GAMBAR
ARS	10	20



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

JURUSAN

**S1 LJ TEKNIK SIPIL  
FTSP-ITS**

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

NAMA PROYEK

GEDUNG 9 LANTAI UNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH GRESIK

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG 9  
LANTAI UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH  
GRESIK MENGGUNAKAN *STAGGERED TRUSS  
FRAMING SYSTEMS*

GAMBAR

SKALA

DENAH STRUKTUR LANTAI 1  
DENAH STRUKTUR LANTAI 2 & 9

1 : 150  
1 : 150

NAMA DOSEN PEMBIMBING

**DATA IRANATA, ST., M.T., Ph.d**  
198004302005011002

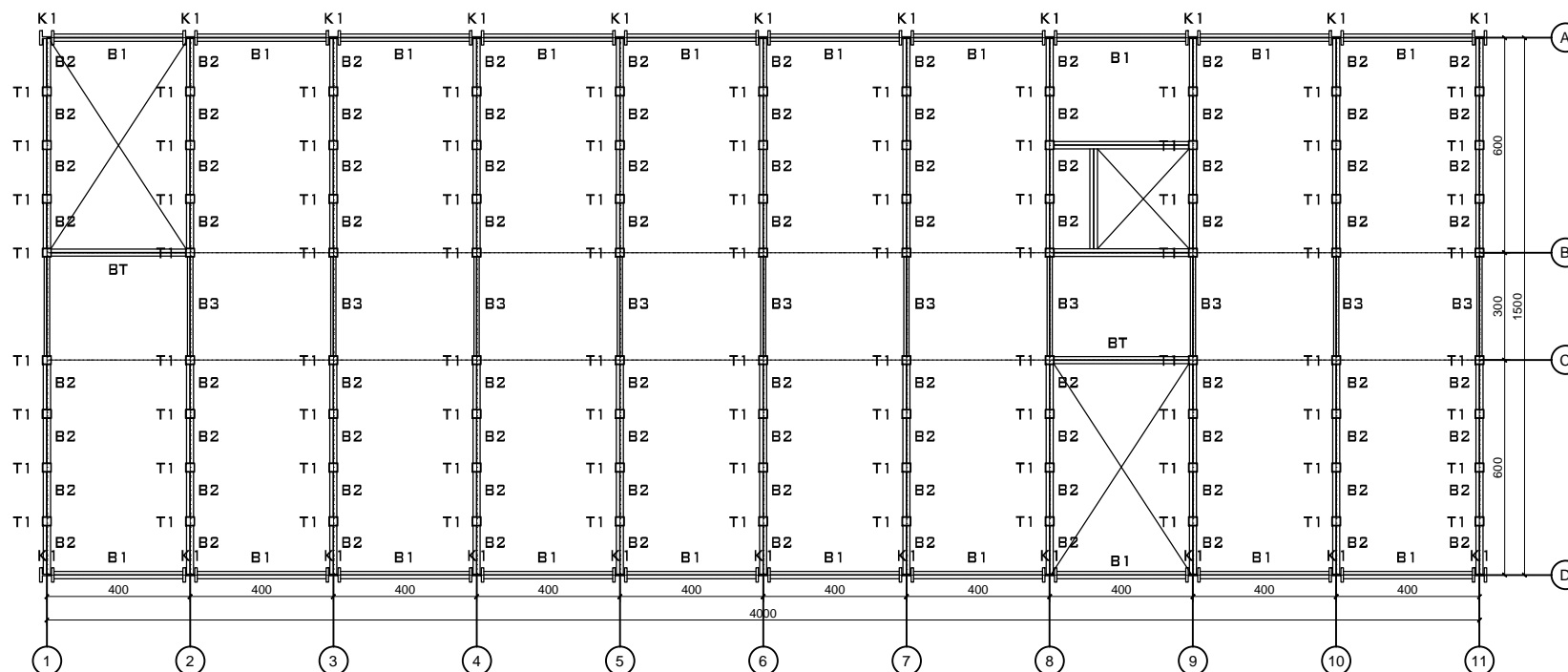
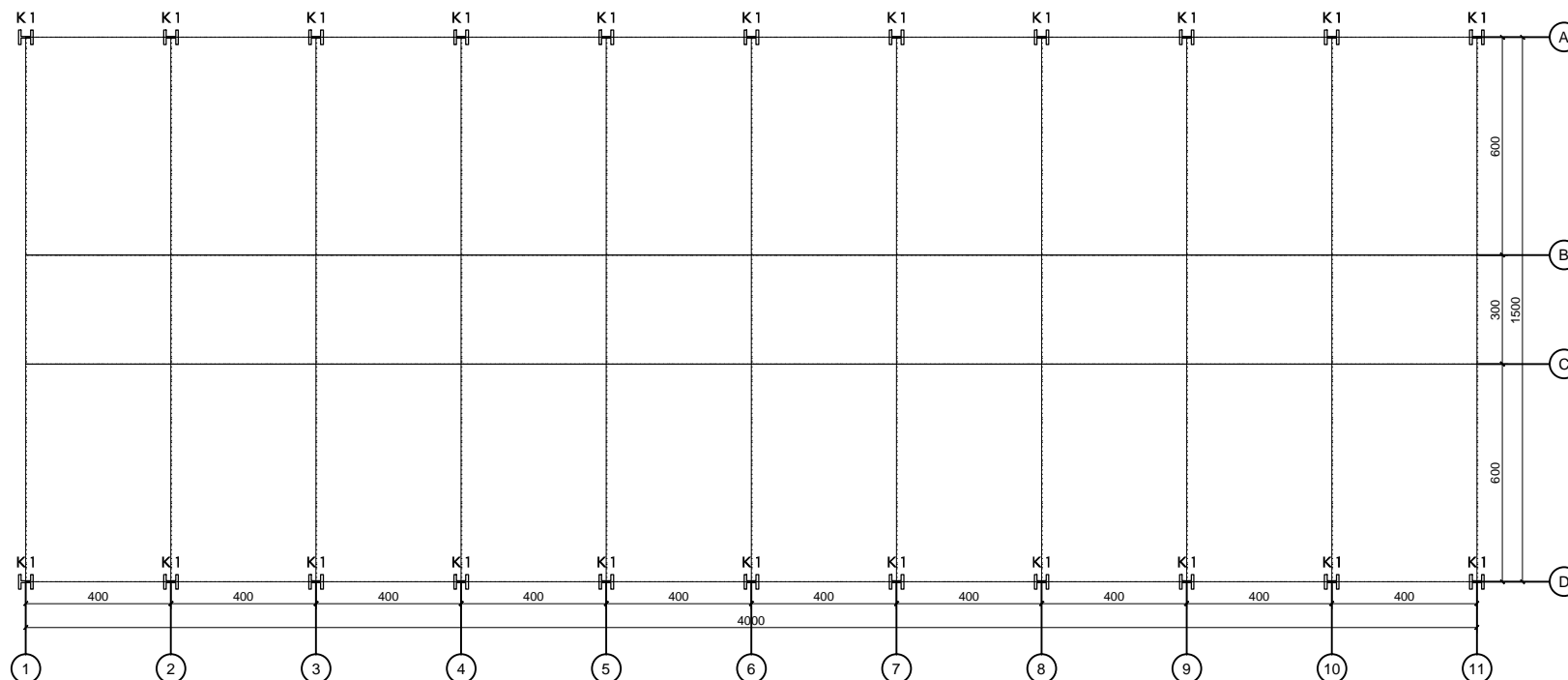
NAMA MAHASISWA

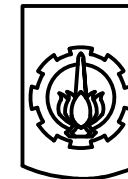
**AGUNG HADI SAPUTRO**  
3115105058

KETERANGAN

K1	Kolom WF 498.432.45.70
B1	Spandrel Beam WF 588.300.12.20
B2	Truss Chord WF 294.200.8.12
B3	Vierendeel Panel WF 298.149.5.5.8
BL	Balok Lift WF 300.150.6.5.9
BT	Balok Tangga WF 250.125.5.8
T1	Truss Vertikal HSS 200.200.12
T2	Truss Diagonal HSS 200.200.12
T3	Truss Knee Braces HSS 200.200.12
T4	Truss Post HSS 200.200.12
T5	Truss Hanger HSS 200.200.12

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JML. GAMBAR
STR	11	20





**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

JURUSAN

**S1 LJ TEKNIK SIPIL  
FTSP-ITS**

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

NAMA PROYEK

GEDUNG 9 LANTAI UNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH GRESIK

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG 9  
LANTAI UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH  
GRESIK MENGGUNAKAN *STAGGERED TRUSS  
FRAMING SYSTEMS*

GAMBAR

SKALA

DENAH STRUKTUR LANTAI 3, 5, 7  
DENAH STRUKTUR LANTAI 4, 6, 8

1 : 150  
1 : 150

NAMA DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA, ST., M.T., Ph.d  
198004302005011002

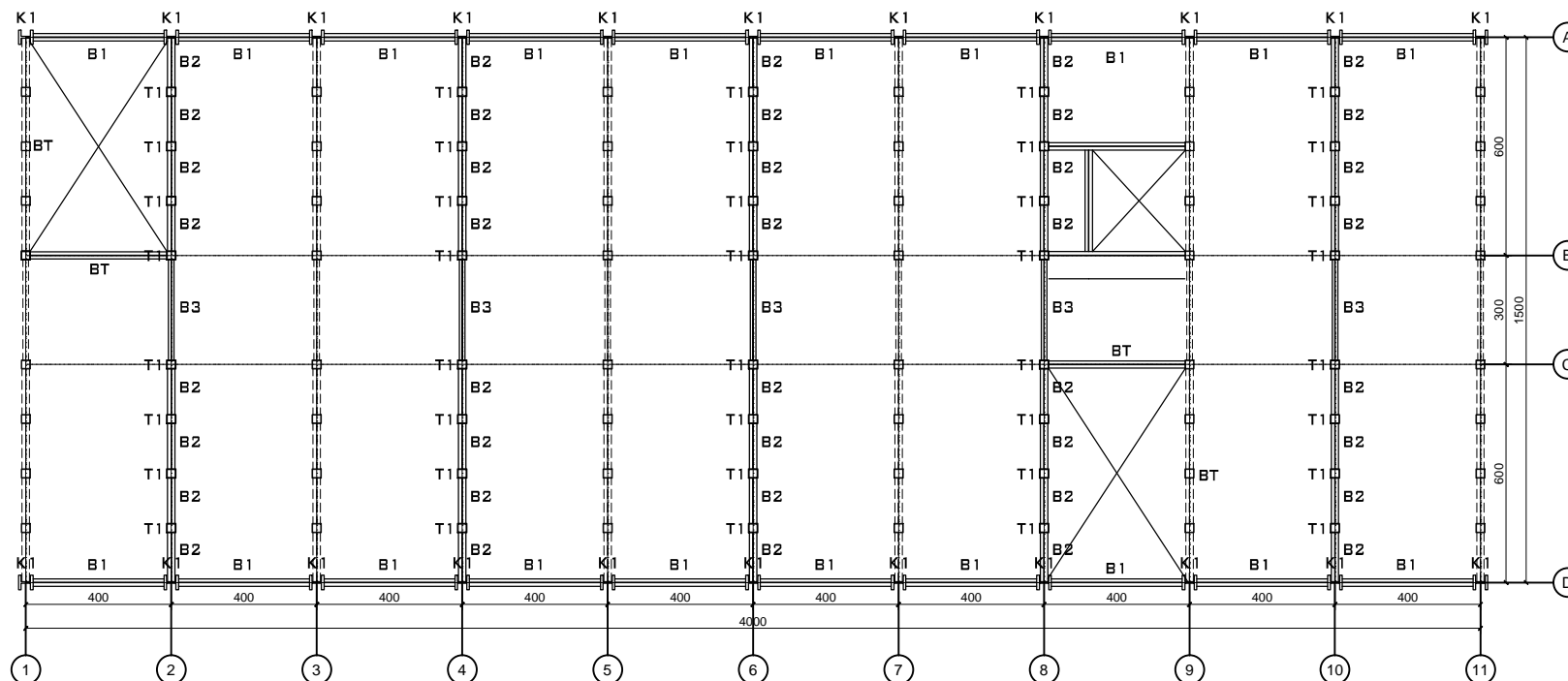
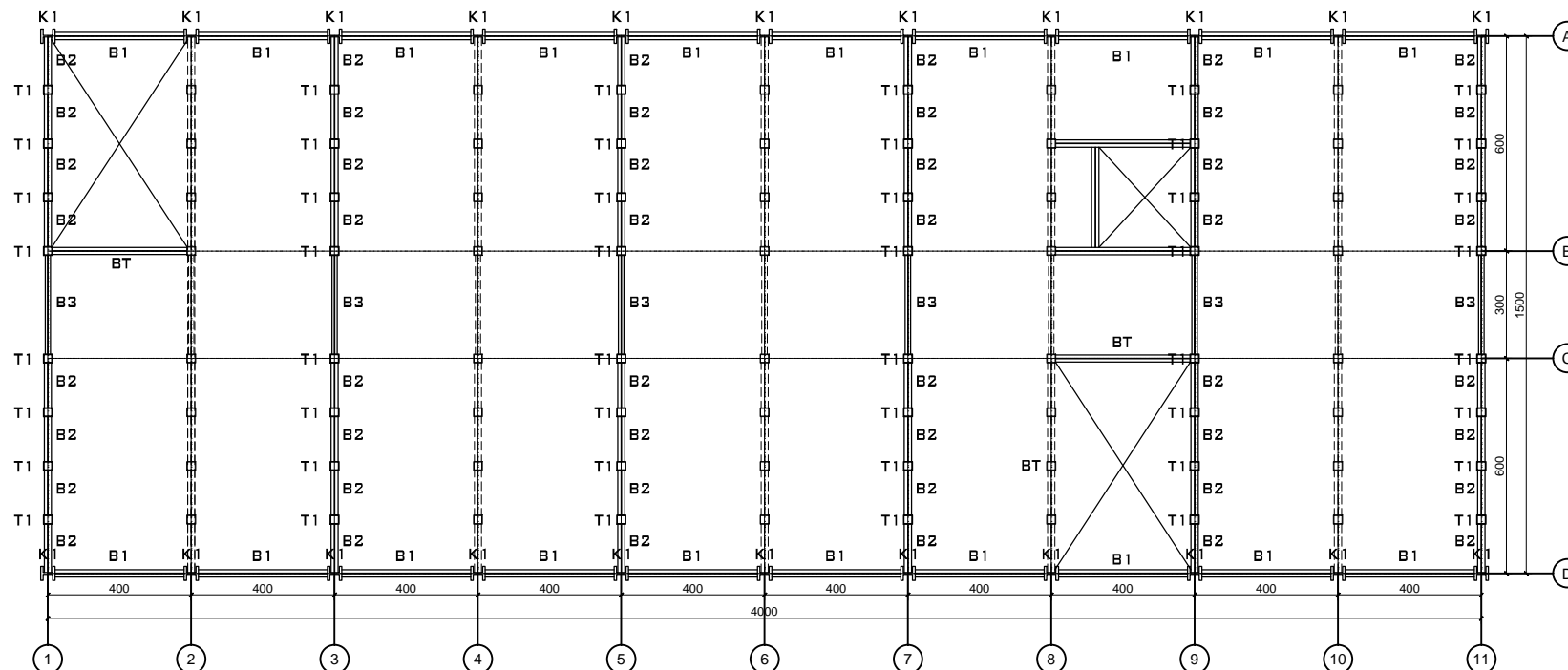
NAMA MAHASISWA

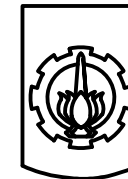
AGUNG HADI SAPUTRO  
3115105058

KETERANGAN

K1	Kolom WF 498.432.45.70
B1	Spandrel Beam WF 588.300.12.20
B2	Truss Chord WF 294.200.8.12
B3	Vierendeel Panel WF 298.149.5.5.8
BL	Balok Lift WF 300.150.6.5.9
BT	Balok Tangga WF 250.125.5.8
T1	Truss Vertikal HSS 200.200.12
T2	Truss Diagonal HSS 200.200.12
T3	Truss Knee Braces HSS 200.200.12
T4	Truss Post HSS 200.200.12
T5	Truss Hanger HSS 200.200.12

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JML. GAMBAR
STR	12	20





**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

JURUSAN

S1 LJ TEKNIK SIPIL  
FTSP-ITS

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

NAMA PROYEK

GEDUNG 9 LANTAI UNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH GRESIK

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG 9  
LANTAI UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH  
GRESIK MENGGUNAKAN *STAGGERED TRUSS*  
*FRAMING SYSTEMS*

GAMBAR

SKALA

DENAH PONDASI

1 : 150

NAMA DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA, ST., M.T., Ph.d  
198004302005011002

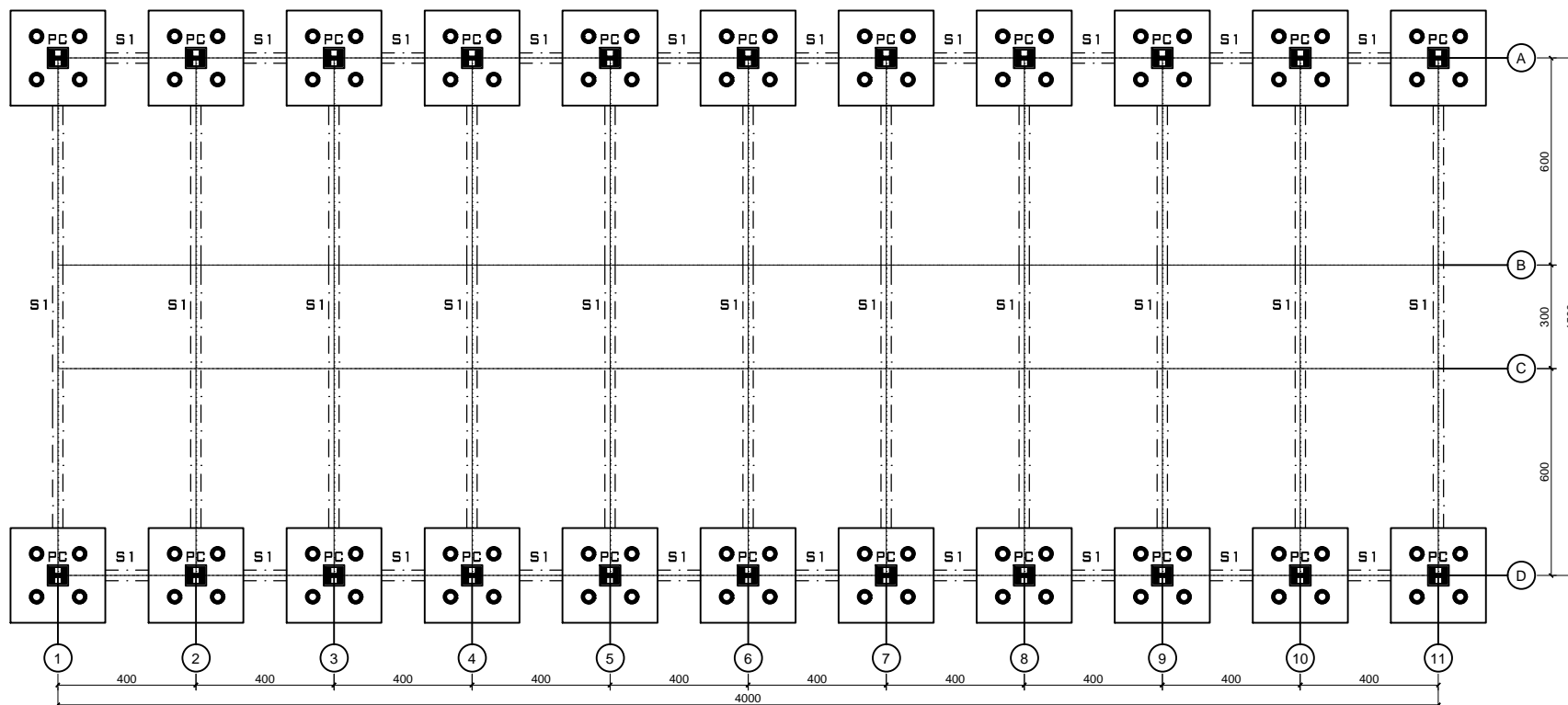
NAMA MAHASISWA

AGUNG HADI SAPUTRO  
3115105058

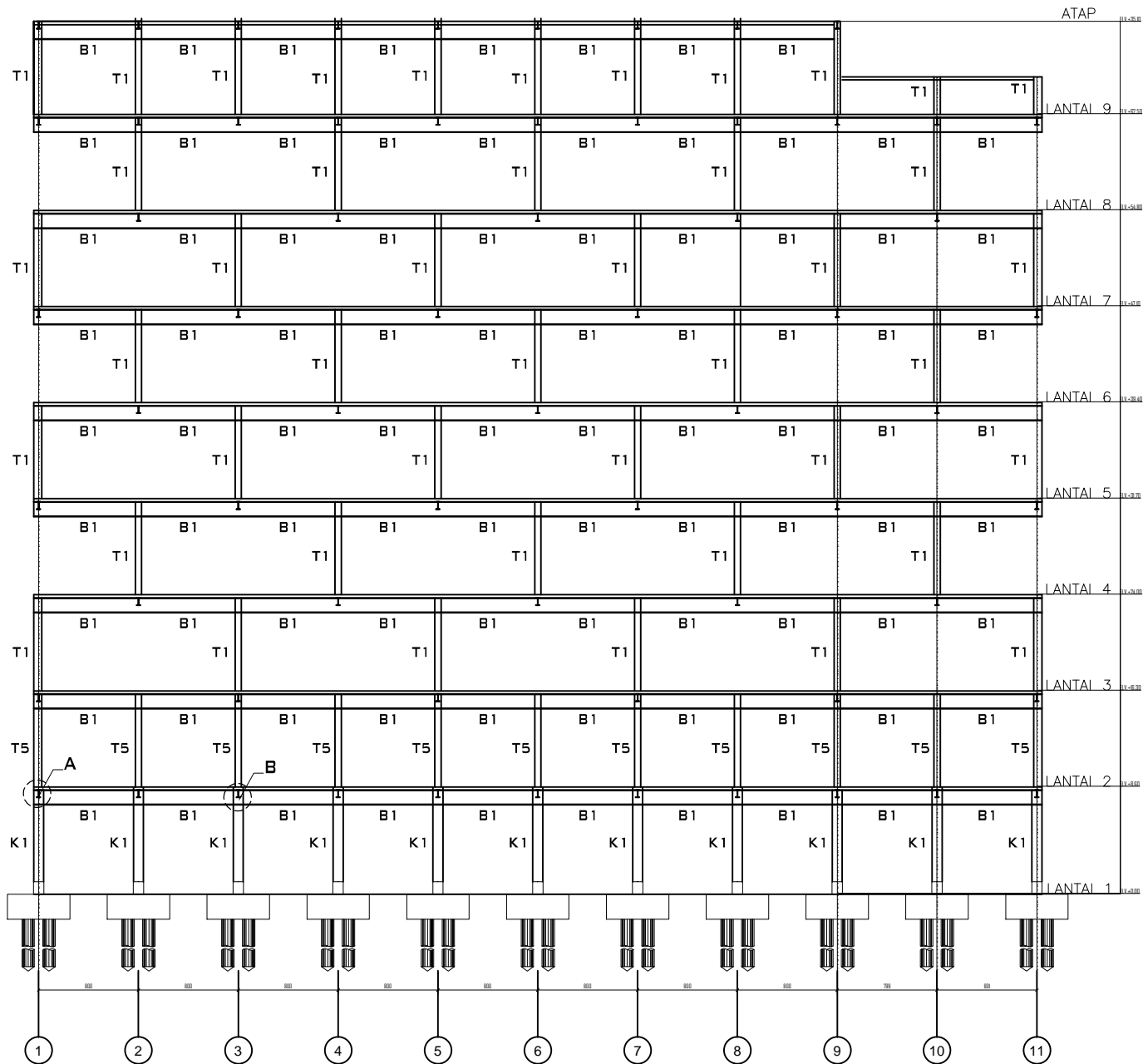
KETERANGAN

PC	Pile Cap 275cm.275cm.100cm
S1	Sloof 30cm.40cm

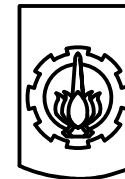
KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JML. GAMBAR
STR	13	20



 DENAH PONDASI  
1:150



PORTAL AS D-D  
1:250



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

JURUSAN

**S1 LJ TEKNIK SIPIL  
FTSP-ITS**

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

NAMA PROYEK

GEDUNG 9 LANTAI UNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH GRESIK

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG 9  
LANTAI UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH  
GRESIK MENGGUNAKAN *STAGGERED TRUSS  
FRAMING SYSTEMS*

GAMBAR

PORTAL AS D-D

SKALA

1 : 250

NAMA DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA, ST., M.T., Ph.d  
198004302005011002

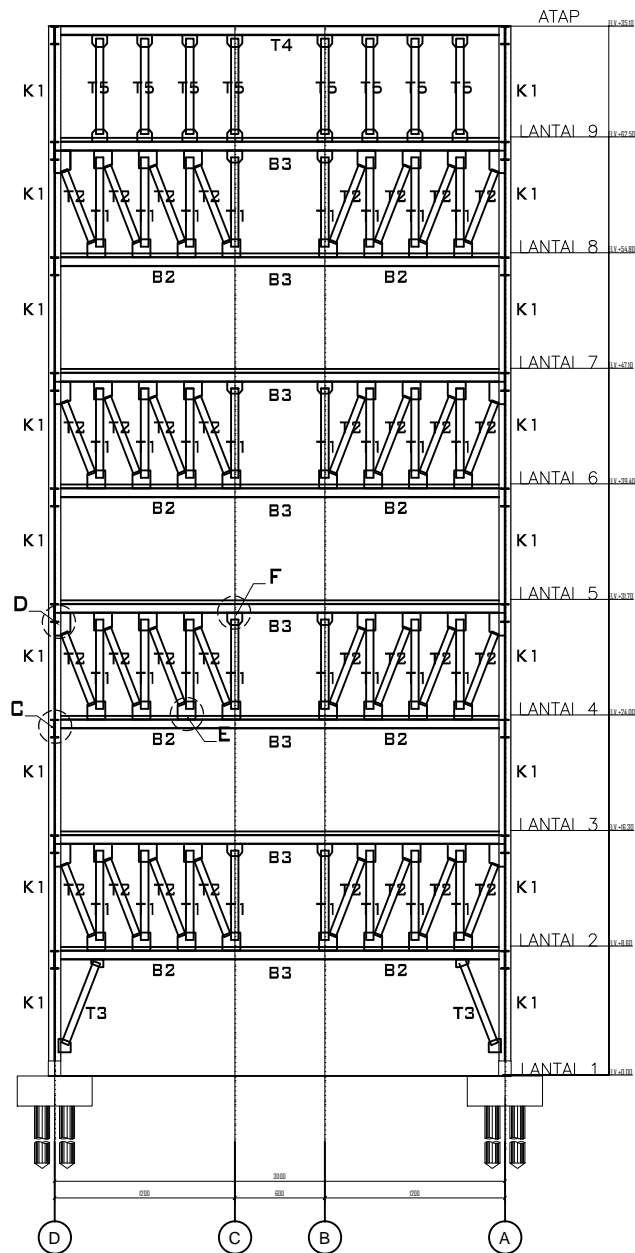
NAMA MAHASISWA

AGUNG HADI SAPUTRO  
3115105058

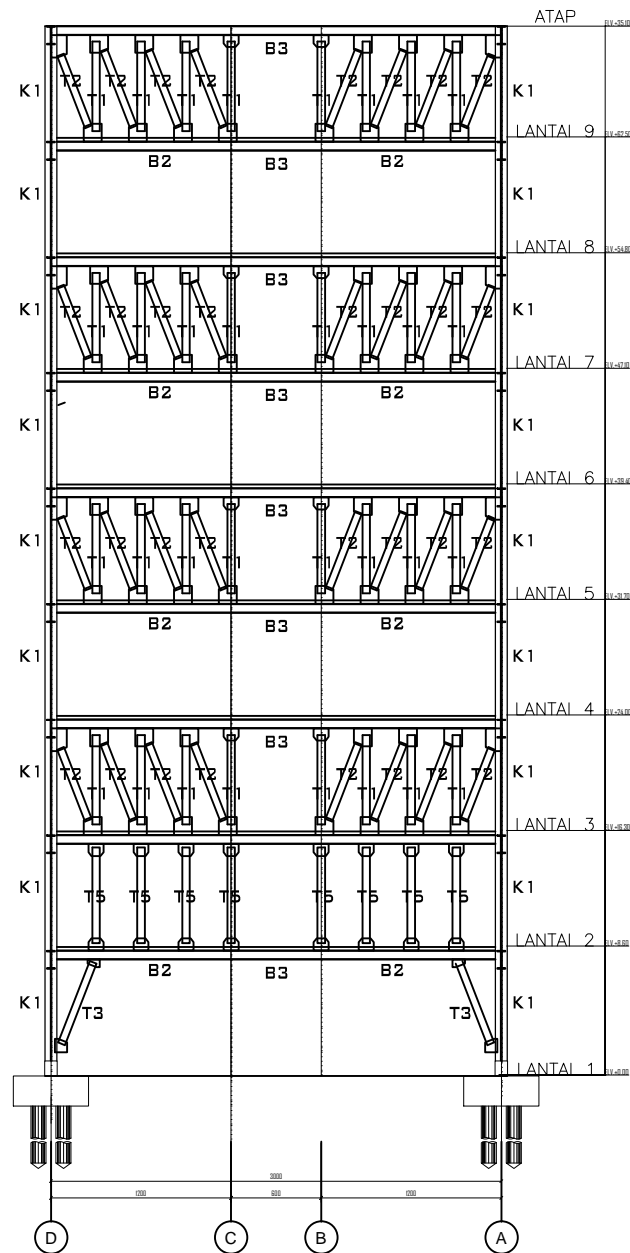
KETERANGAN

K1	Kolom WF 498.432.45.70
B1	Spandrel Beam WF 588.300.12.20
B2	Truss Chord WF 294.200.8.12
B3	Vierendeel Panel WF 298.149.5.5.8
BL	Balok Lift WF 300.150.6.5.9
BT	Balok Tangga WF 250.125.5.8
T1	Truss Vertikal HSS 200.200.12
T2	Truss Diagonal HSS 200.200.12
T3	Truss Knee Braces HSS 200.200.12
T4	Truss Post HSS 200.200.12
T5	Truss Hanger HSS 200.200.12

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JML. GAMBAR
STR	14	20



PORTAL AS GENAP  
1:250



PORTAL AS GANJIL  
1:250



JURUSAN

S1 LJ TEKNIK SIPIL  
FTSP-ITS

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

NAMA PROYEK

GEDUNG 9 LANTAI UNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH GRESIK

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG 9  
LANTAI UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH  
GRESIK MENGGUNAKAN STAGGERED TRUSS  
FRAMING SYSTEMS

GAMBAR

SKALA

PORTAL AS GENAP  
PORTAL AS GANJIL

1 : 250  
1 : 250

NAMA DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA, ST., M.T., Ph.d  
198004302005011002

NAMA MAHASISWA

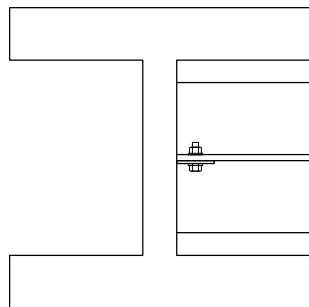
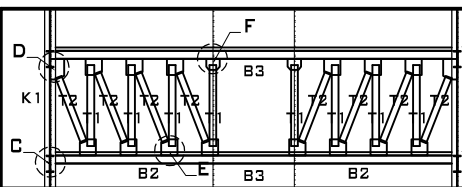
AGUNG HADI SAPUTRO  
3115105058

KETERANGAN

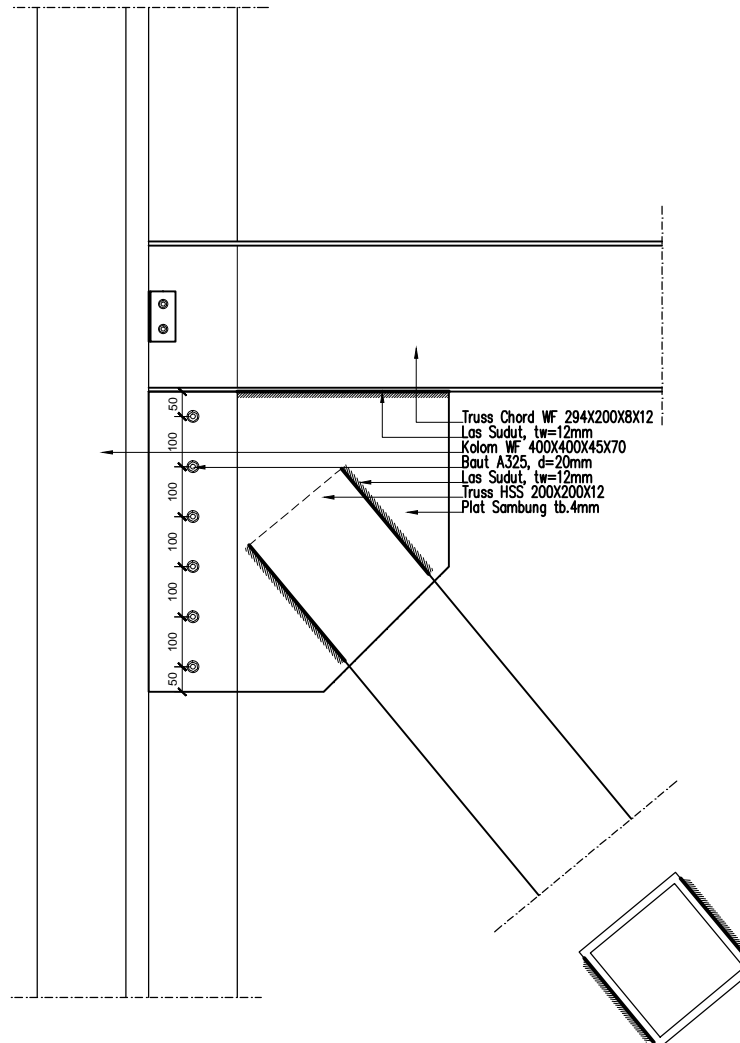
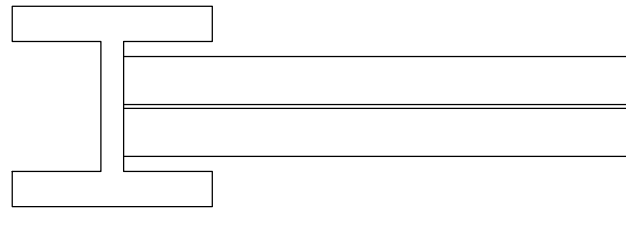
K1	Kolom WF 498.432.45.70
B1	Spandrel Beam WF 588.300.12.20
B2	Truss Chord WF 294.200.8.12
B3	Vierendeel Panel WF 298.149.5.5.8
BL	Balok Lift WF 300.150.6.5.9
BT	Balok Tangga WF 250.125.5.8
T1	Truss Vertikal HSS 200.200.12
T2	Truss Diagonal HSS 200.200.12
T3	Truss Knee Braces HSS 200.200.12
T4	Truss Post HSS 200.200.12
T5	Truss Hanger HSS 200.200.12

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JML. GAMBAR
STR	15	20

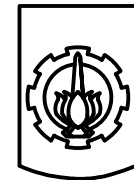
KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JML. GAMBAR
STR	16	20



DETAIL C  
1:10



DETAIL D  
1:15



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

JURUSAN

**S1 LJ TEKNIK SIPIL  
FTSP-ITS**

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

NAMA PROYEK

GEDUNG 9 LANTAI UNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH GRESIK

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG 9  
LANTAI UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH  
GRESIK MENGGUNAKAN *STAGGERED TRUSS  
FRAMING SYSTEMS*

GAMBAR

SKALA

DETAIL C

1 : 10

DETAIL D

1 : 15

NAMA DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA, ST., M.T., Ph.d  
198004302005011002

NAMA MAHASISWA

AGUNG HADI SAPUTRO  
3115105058

KETERANGAN

KODE GAMBAR

NO. LEMBAR

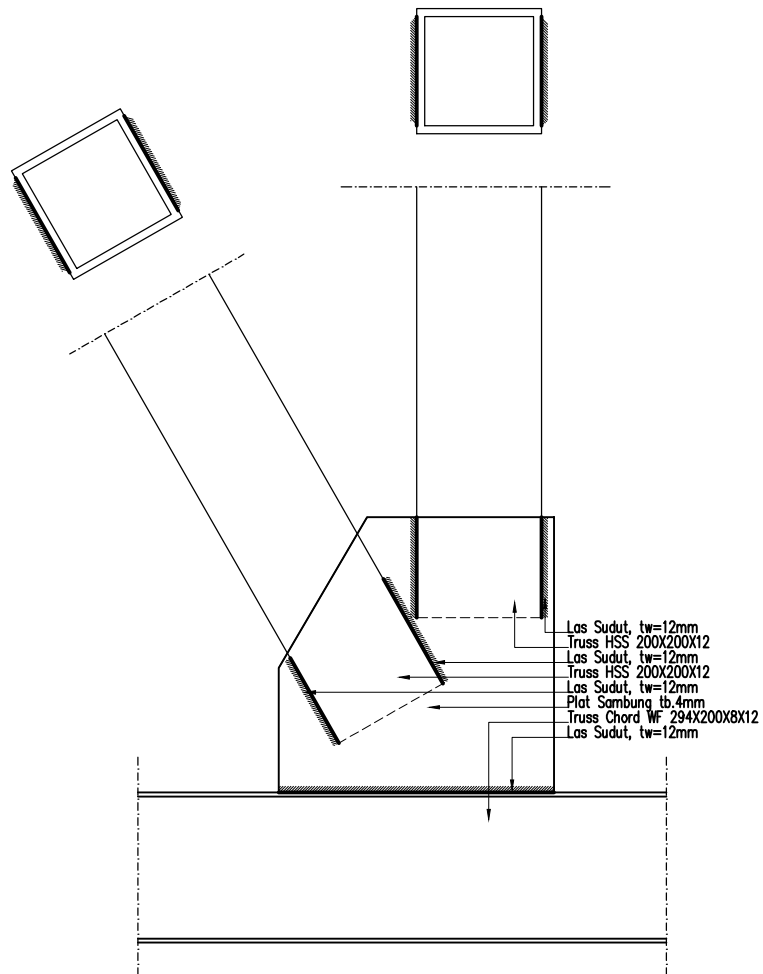
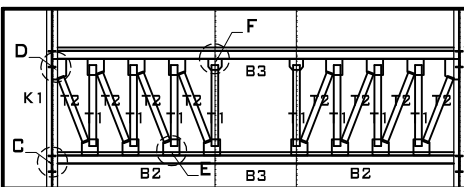
JML. GAMBAR

STR

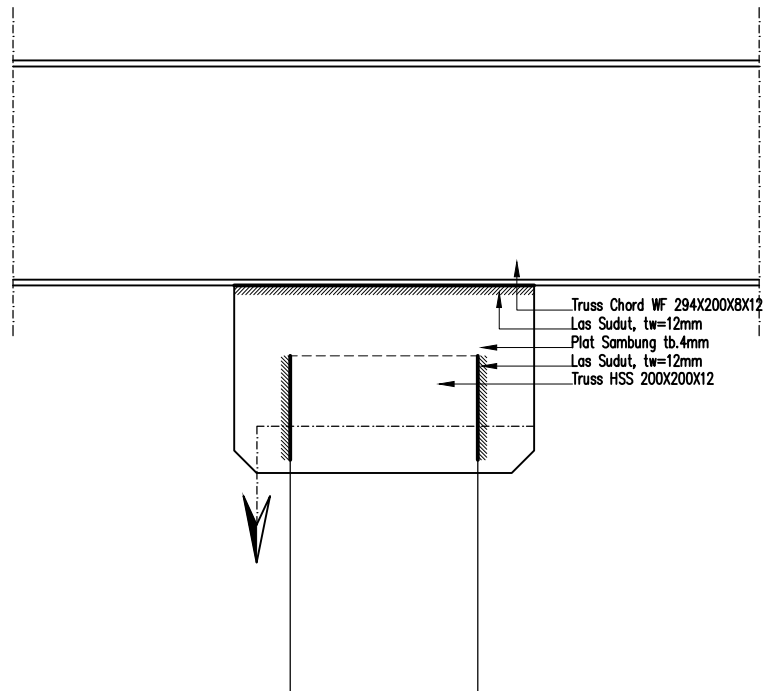
17

20

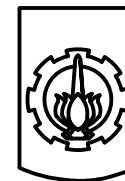




DETAIL E  
1:15



DETAIL F  
1:10



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

JURUSAN

S1 LJ TEKNIK SIPIL  
FTSP-ITS

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

NAMA PROYEK

GEDUNG 9 LANTAI UNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH GRESIK

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG 9  
LANTAI UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH  
GRESIK MENGGUNAKAN *STAGGERED TRUSS*  
*FRAMING SYSTEMS*

GAMBAR

SKALA

DETAIL E

1 : 15

DETAIL F

1 : 10

NAMA DOSEN PEMBIMBING

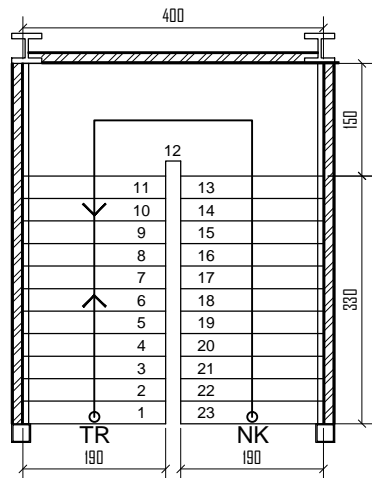
DATA IRANATA, ST., M.T., Ph.d  
198004302005011002

NAMA MAHASISWA

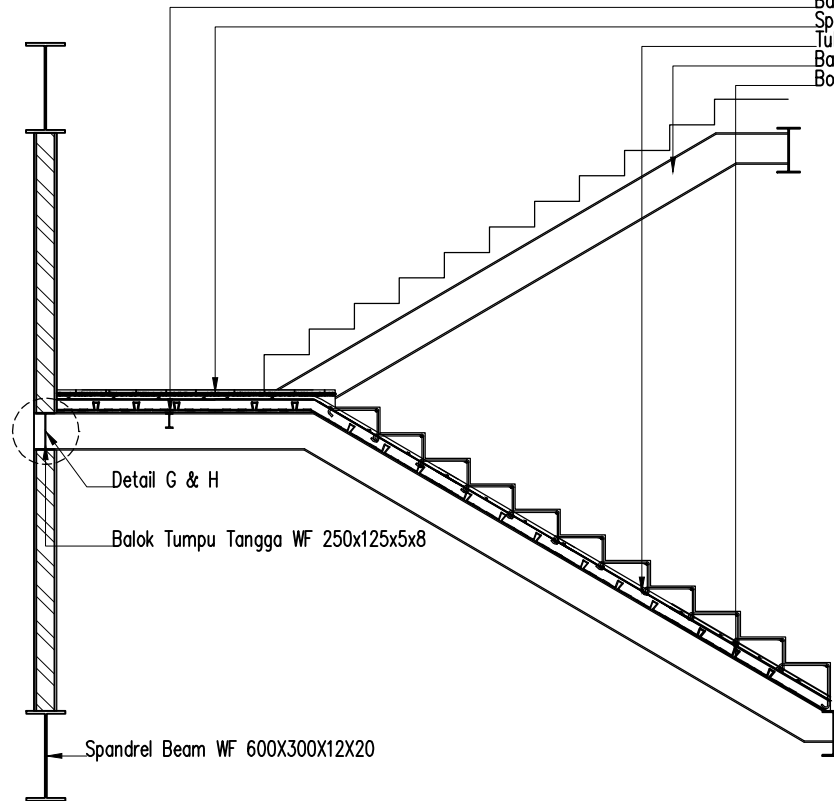
AGUNG HADI SAPUTRO  
3115105058

KETERANGAN

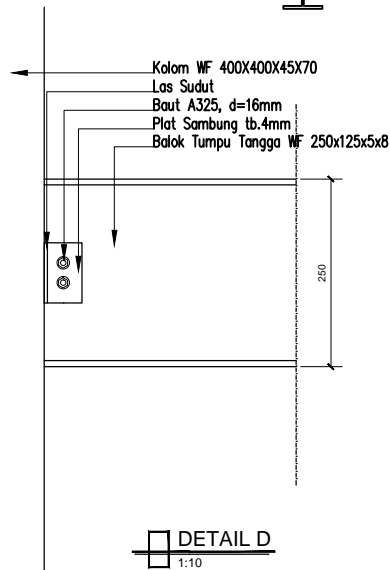
KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JML. GAMBAR
STR	18	20



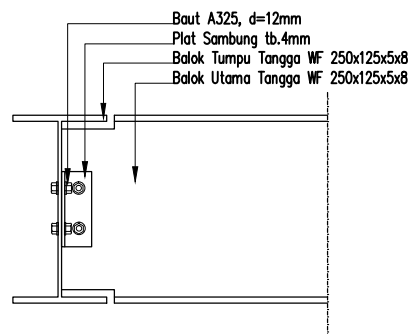
**DENAH TANGGA**  
1:100



**POTONGAN TANGGA**  
1:50

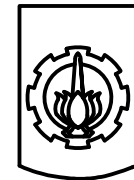


**DETAIL D**  
1:10



**DETAIL E**  
1:10

Balok Bordes WF 100x50x5x7  
Spesi dan Keramik  
Tulangan D10-250  
Balok Utama Tangga WF 250x125x5x8  
Bondek



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

JURUSAN

**S1 LJ TEKNIK SIPIL  
FTSP-ITS**

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

NAMA PROYEK

GEDUNG 9 LANTAI UNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH GRESIK

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG 9  
LANTAI UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH  
GRESIK MENGGUNAKAN *STAGGERED TRUSS  
FRAMING SYSTEMS*

GAMBAR

SKALA

DENAH TANGGA  
POTONGAN TANGGA  
DETAIL D  
DETAIL E

1 : 100  
1 : 50  
1 : 10  
1 : 10

NAMA DOSEN PEMBIMBING

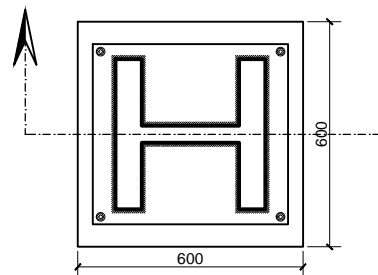
DATA IRANATA, ST., M.T., Ph.d  
198004302005011002

NAMA MAHASISWA

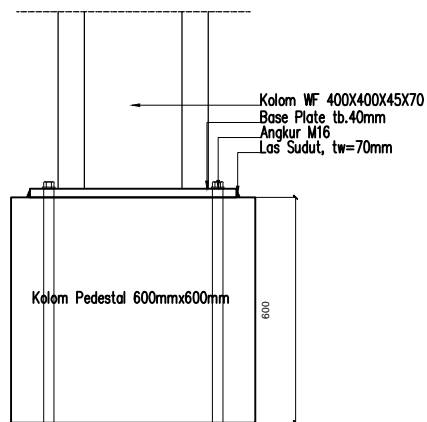
AGUNG HADI SAPUTRO  
3115105058

KETERANGAN

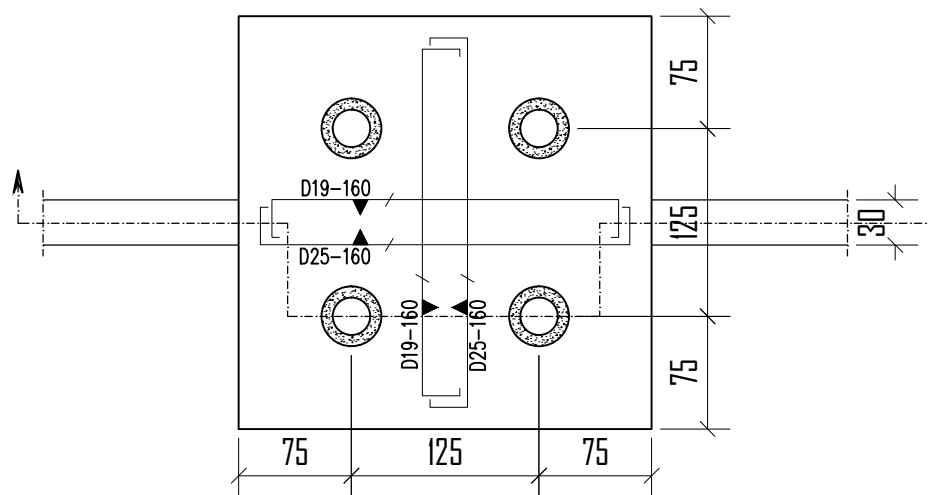
KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JML. GAMBAR
STR	19	20



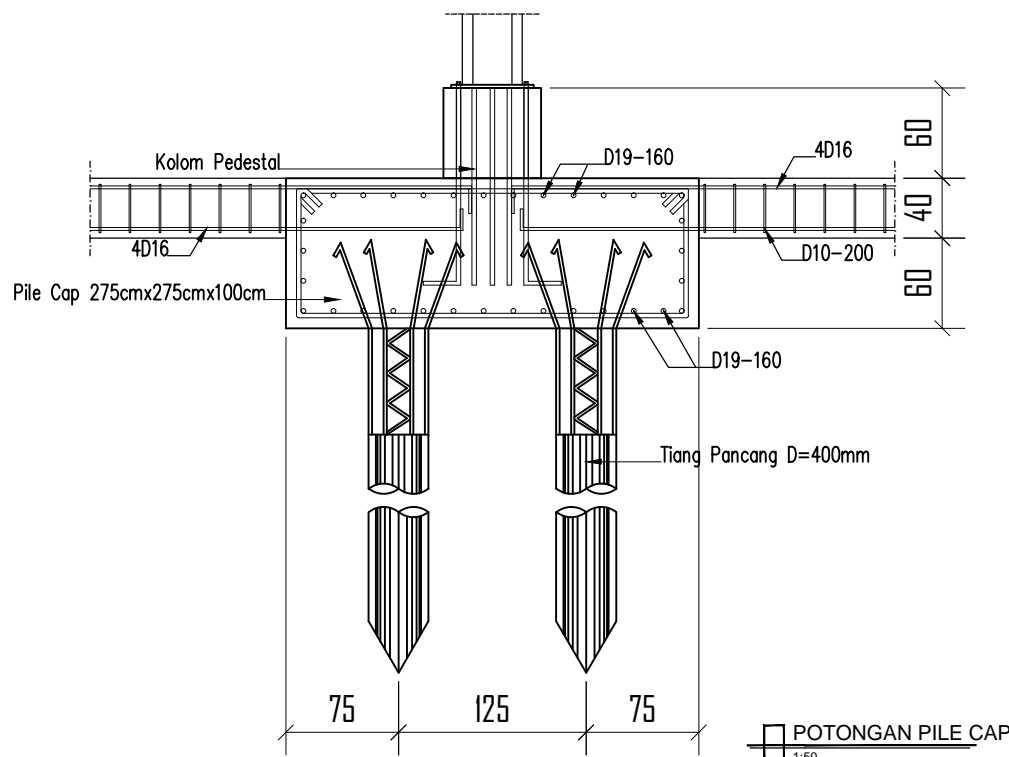
DETAIL KOLOM PEDESTAL  
1:20



POTONGAN KOLOM PEDESTAL  
1:20



DETAIL PILE CAP  
1:50



JURUSAN

S1 LJ TEKNIK SIPIL  
FTSP-ITS

MATA KULIAH

TUGAS AKHIR

NAMA PROYEK

GEDUNG 9 LANTAI UNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH GRESIK

JUDUL TUGAS AKHIR

MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG 9  
LANTAI UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH  
GRESIK MENGGUNAKAN *STAGGERED TRUSS*  
*FRAMING SYSTEMS*

GAMBAR SKALA

DETAIL KOLOM PEDESTAL	1 : 20
POTONGAN KOLOM PEDESTAL	1 : 20
DETAIL PILE CAP	1 : 50
POTONGAN PILE CAP	1 : 50

NAMA DOSEN PEMBIMBING

DATA IRANATA, ST., M.T., Ph.d  
198004302005011002

NAMA MAHASISWA

AGUNG HADI SAPUTRO  
3115105058

KETERANGAN

KODE GAMBAR	NO. LEMBAR	JML. GAMBAR
STR	20	20



#### Spesifikasi Teknis Bata Ringan Citicon

Panjang, L (mm)	: 600
Tinggi, H (mm)	: 200 ; 400
Tebal, T (mm)	: 75 ; 100 ; 125 ; 150 ; 175 ; 200

Berat jenis kering, ( $\rho$ )	: 530 kg/m <sup>3</sup>
Berat jenis normal, ( $\rho$ )	: 600 kg/m <sup>3</sup>
Kuat tekan, ( $\sigma$ )	: $\geq 4,0$ N/m <sup>2</sup>
Konduktifitas termis, ( $\lambda$ )	: 0.14 w/mk

Tebal	mm	75	100	125	150	175	200
Luas Dinding / m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>	13.33	10.00	8.00	6.67	5.71	5.00
Isi / m <sup>3</sup>	Blok	111.11	83.33	66.67	55.56	47.62	41.67

#### Citicon Light Concrete Technical Specifications

Length, L (mm)	: 600
Height, H (mm)	: 200 ; 400
Thick, T (mm)	: 75 ; 100 ; 125 ; 150 ; 175 ; 200

Dry Density, ( $\rho$ )	: 530 kg/m <sup>3</sup>
Field Density, ( $\rho$ )	: 600 kg/m <sup>3</sup>
Compressive Strength, ( $\sigma$ )	: $\geq 4.0$ N/m <sup>2</sup>
Thermal Conductivity, ( $\lambda$ )	: 0.14 w/mk

Thick	mm	75	100	125	150	175	200
Wall Area / m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>	13.33	10.00	8.00	6.67	5.71	5.00
Contents / m <sup>3</sup>	Block	111.11	83.33	66.67	55.56	47.62	41.67





#### Perbandingan Bata Ringan Citicon terhadap Bata Konvensional

	Kecepatan Konstruksi (m <sup>2</sup> /hari)	Daya serap air $\frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{h}}$	Tebal spesi (mm)	Berat (kg m <sup>3</sup> )	Insulasi panas (W/mK)	Ketahanan terhadap api (jam)
Citicon	> 20	4 - 6	3	600	0.14	3
Bata konvensional	6-8	22 - 30	20 - 30	1500	0.65	2

#### Comparison of Citicon Light Concrete with Red Brick

	Speed of Installation (m <sup>2</sup> /day)	Water Absorption $\frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{h}}$	Use of Mortar Measured (mm)	Density (kg m <sup>3</sup> )	Thermal Conductivity (W/mK)	Fire Resistance (hours)
Citicon	> 20	4 - 6	3	600	0.14	3
Red Brick	6-8	22 - 30	20 - 30	1500	0.65	2

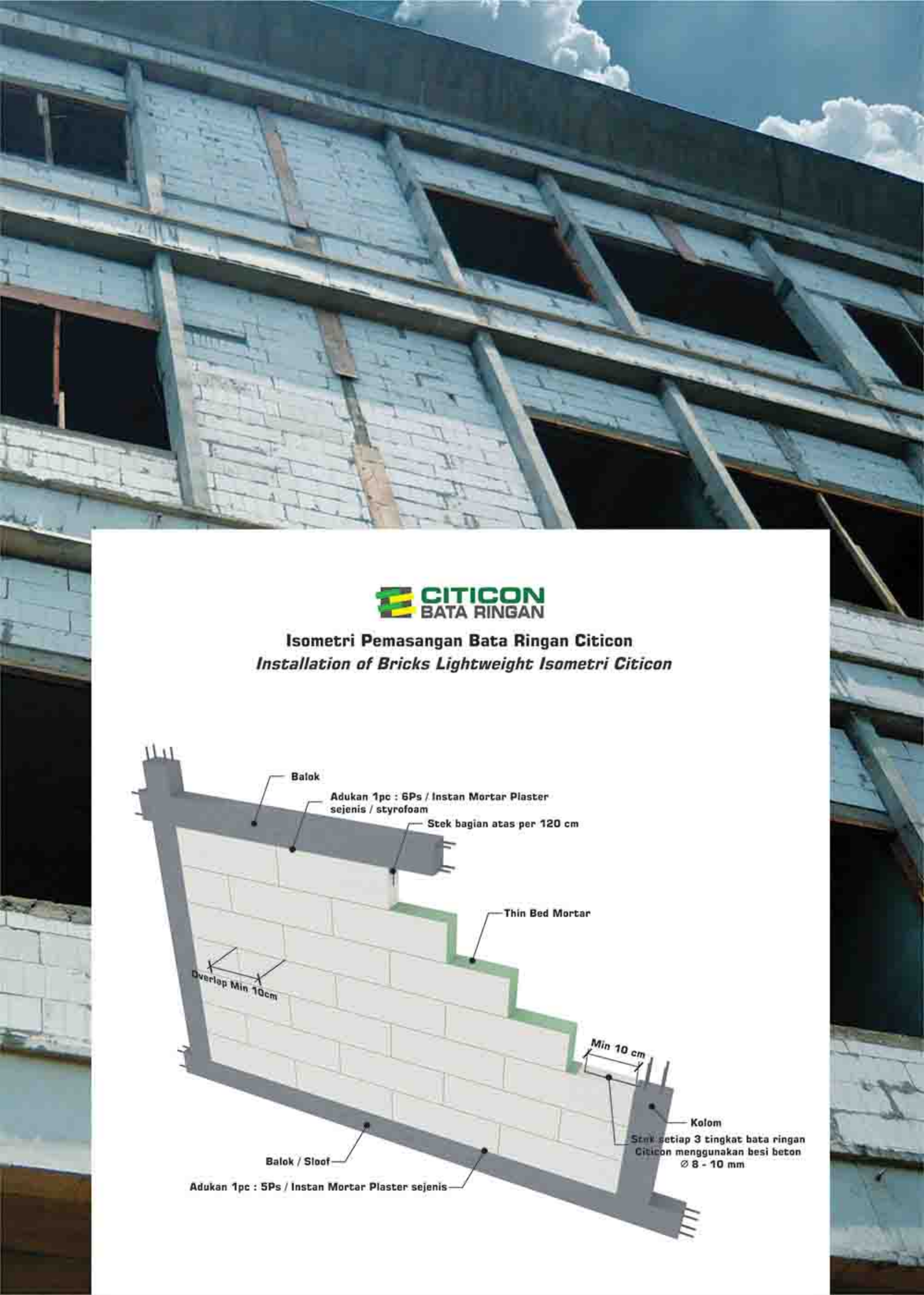




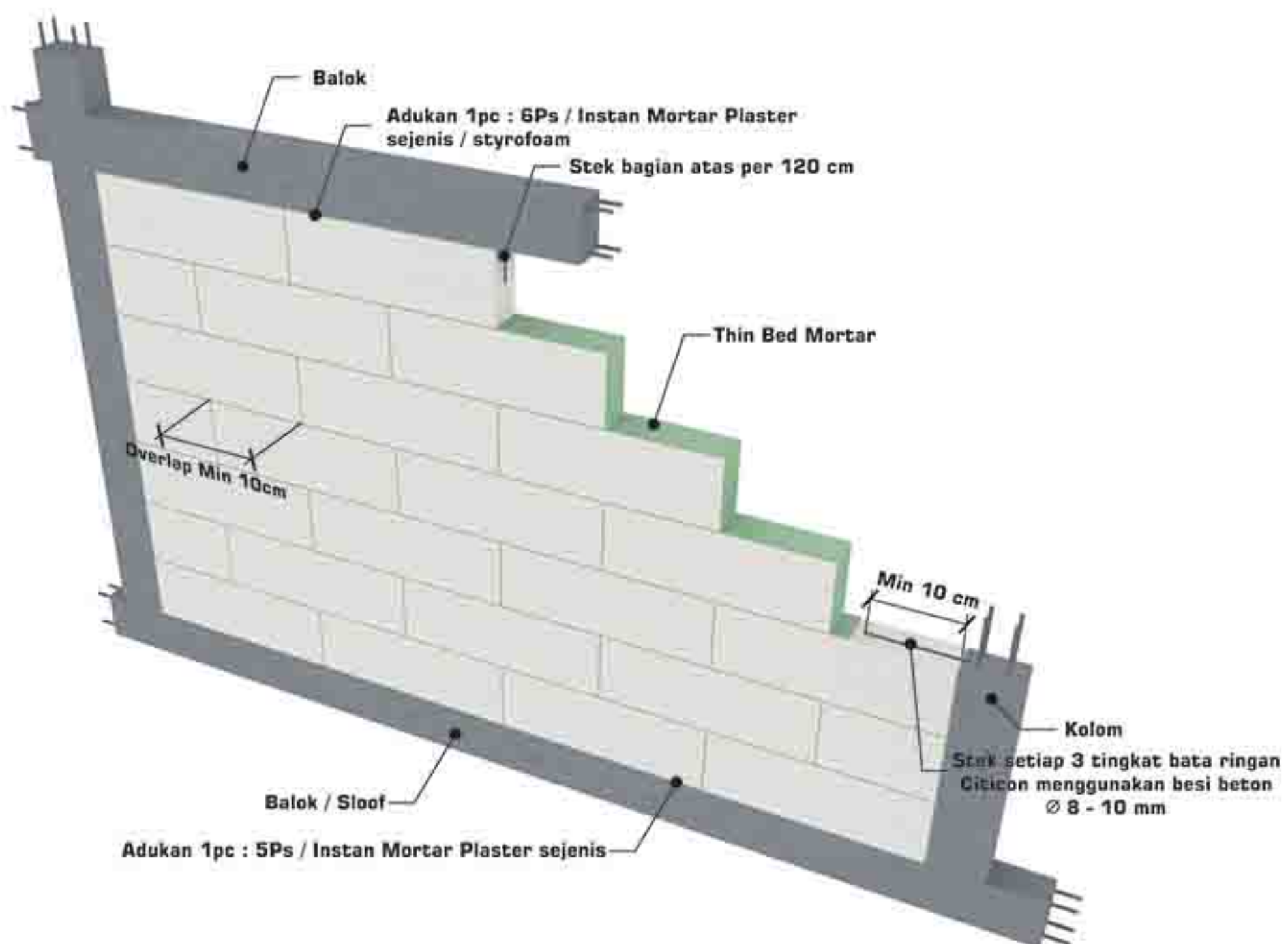
#### **Benefits of Citicon Light Concrete**

- **Earthquake Resistance** *Citicon AAC has a good resistance to severe vibration or earthquake. Citicon's lightweight reduces the risk of building collapse and brings calm when an earthquake occurs.*
  - **Low Water Absorption** *Citicon AAC has low water absorption, which is more resist to fluid. It brings healthy and comfortable living.*
  - **Sound Barrier** *Citicon AAC is a highly effective sound barrier. It gives significant reduction of noise from outside building.*
  - **High Speed, Easy Installation and Presentable** *Citicon AAC's light weight and precision in size offers high workability.*
  - **Effective and Efficient** *As a result of faster installation, it leads to cost savings compared to conventional building materials.*
  - **Fire Resistance** *Its characteristic of being thermal insulated gives maximum protection in the event fire.*
  - **Thermal Insulation and Energy Savings** *With tremendous thermal insulation, the application of Citicon AAC may contribute to the electricity cost savings and reduce the need for air conditioning.*
- Keunggulan Bata Ringan Citicon**
- **Tahan Gempa** Karena mempunyai berat jenis yang ringan, Bata Ringan Citicon mempunyai ketahanan yang baik terhadap getaran hebat atau gempa sehingga para pemilik bangunan dan kontraktor tidak perlu khawatir akan efek gempa.
  - **Daya Serap Air Rendah** Citicon mempunyai daya serap air yang rendah sehingga membuat para kontraktor dan pemilik bangunan merasa lebih nyaman karena resiko terjadinya flek pada dinding akan berkurang.
  - **Tahan Bising** Para pemilik dan penghuni bangunan dapat memiliki privasi yang lebih karena Bata Ringan Citicon mampu menyerap gelombang suara dengan baik.
  - **Cepat dan Rapi** Ukuran Bata Ringan Citicon yang presisi dan bersudut siku serta berat yang lebih ringan dari bata konvensional membuat dinding lebih rapi dan dapat mempercepat pengerjaan konstruksi.
  - **Hemat dan Akurat** Dengan dimensi yang standard dan konsisten maka perhitungan dan estimasi biaya dalam pengerjaan konstruksi menjadi lebih mudah.
  - **Tahan Api** Sifat perambatan panas rendah yang dimiliki Bata Ringan Citicon membuat bangunan tahan terhadap api lebih dari 1000 Celcius sehingga dapat melindungi harta dan nyawa anda.
  - **Sejuk dan Hemat Energi** Memiliki sifat insulasi panas yang baik, Citicon membuat ruangan lebih sejuk sehingga Anda dapat menghemat biaya listrik dan energi listrik untuk pendingin ruangan.





**Isometri Pemasangan Bata Ringan Citicon**  
*Installation of Bricks Lightweight Isometri Citicon*







**Tabel Luasan Dinding Pengisi dengan Kolom Praktis**  
*Table Extents Wall Charger with Column Practical*

Kondisi luasan dinding pengisi terjepit 4 sisi ☐

Tinggi Dinding (m)	Panjang Dinding (m)							
	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00
2,50	75	75	75	100	100	100	100	100
3,00	75	75	100	100	100	125	125	125
3,50	100	100	100	125	125	125	150	150
4,00	125	125	125	125	125	150	150	175
4,50	150	150	150	150	150	150	175	175

\*Tebal Bata Ringan Citicon dalam mm

Kondisi luasan dinding pengisi terjepit 3 sisi ☐

Tinggi Dinding (m)	Panjang Dinding (m)							
	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00
2,50	75	75	100	100	100	125	125	125
3,00	75	100	100	125	125	125	150	150
3,50	100	100	125	125	150	150	150	175
4,00	125	125	125	125	150	150	175	200
4,50	150	150	150	150	150	175	200	200

\*Tebal Bata Ringan Citicon dalam mm

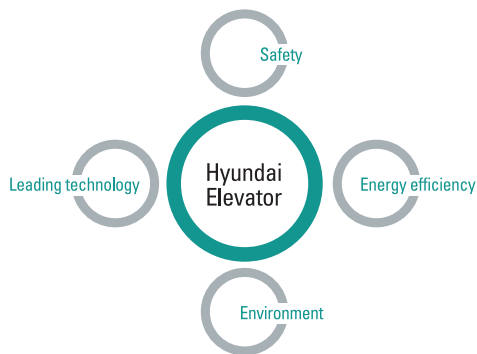




Moving solutions with safety, reliability and efficiency

# PASSENGER ELEVATORS





Since the 1984 founding of South Korea, Hyundai Elevator, an affiliate of Hyundai Business Group, with leading technology has grown up to Korea No. 1 elevator company. Now Hyundai Elevator is roaring towards to top of the world. We value the safety, energy efficiency, and environment-friendly features of the highest standard for all products made by Hyundai Elevator.



Trusted quality

We export products to 50 countries like Japan, Europe, East / West Asia, the Middle East and are recognized for excellence in quality.

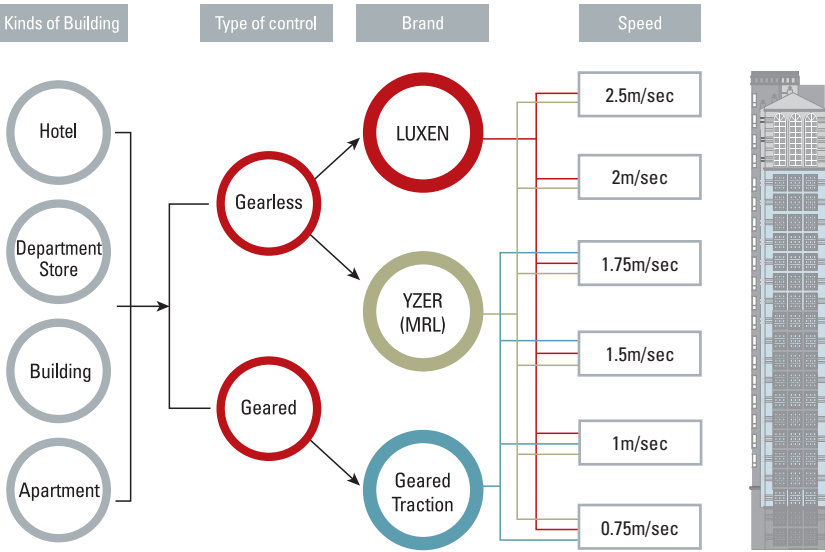
Refined design

Refined design to give consideration to health and the environment adds new value to the elevator.

[Selection of passenger elevator system]

The selection of elevators should be made in consideration of the building type/scale, tenant characteristics, elevator usage and the anticipated passenger carrying capacity at the building's traffic peak time.

Hyundai elevators are available from geared traction elevator to gearless traction elevators, covering the full range of vertical transportation requirements.



Contents

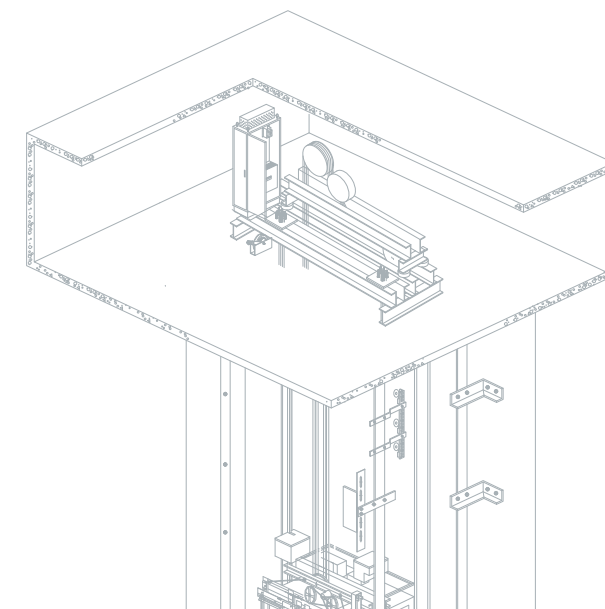
01 Reliable Brand Gearless Traction Machine • 04 / LUXEN • 06 / YZER • 08 / Geared Traction Elevators • 10

02 Design Car Design • 12 / Ceiling Design • 17 / Signal Fixtures • 18 / Material Patterns • 20 / Disabled Elevators • 23 / Standard & Optional Features • 24

Layout Plan • 26 / Typical Entrance Layouts • 36 / Works To Be Done By Other Contractors • 39 / Electric Power Requirements (By others) • 40

## Gearless Traction Machine

With the use of gearless traction machine, smoother ride, improved energy-saving, and environment-friendly features are enhanced.



### + Improved energy savings

Gearless traction machine with permanent magnet synchronous motor provides up to 25% energy savings compared with geared traction machine with induction motors.

### + Comfortable riding

Noise and vibration level have been decreased dramatically and car ride is improved thanks to the use of gearless traction machine with permanent magnet synchronous motor without toothed gear and rope swing.

### + Environment-friendly components

It is environmentally friendly because gear oil is not required.

### + Reduced installation space

It can save the building space as it needs smaller machine room space than the conventional.

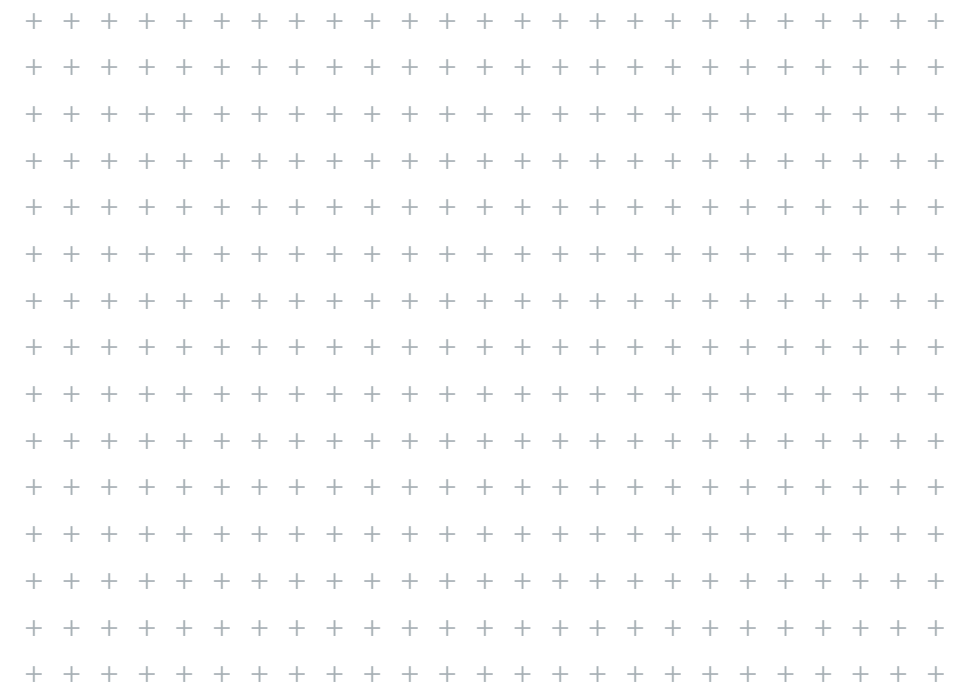
### + Easy installation and maintenance

The installation and maintenance is less complicated as the implementation is the same 1:1 roping for induction motor.



## LUXEN (Medium speed gearless traction elevators)

A high-tech gearless traction machine which was used mainly in high-speed elevator is used for this product.



### LUXEN Digital Gearless

#### Excellent car ride

The LUXEN, using the gearless machine, provides a smooth and noiseless ride.

#### Increased energy efficiency

Gearless traction machine with permanent magnet synchronous motor application will increase energy efficiency.

#### Spacious car interior

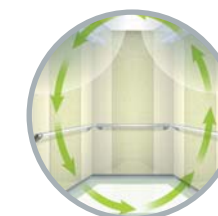
The car is more spacious and more comfortable compared with existing product design which has low ceiling height.

#### Eco-friendly product

This is an environment-friendly products. It does not need to replace the gear oil regularly.

#### Enhanced safety

The self-checking system as part of the software/hardware design built-in the elevator and drive control system greatly improve safety of the elevator operation.

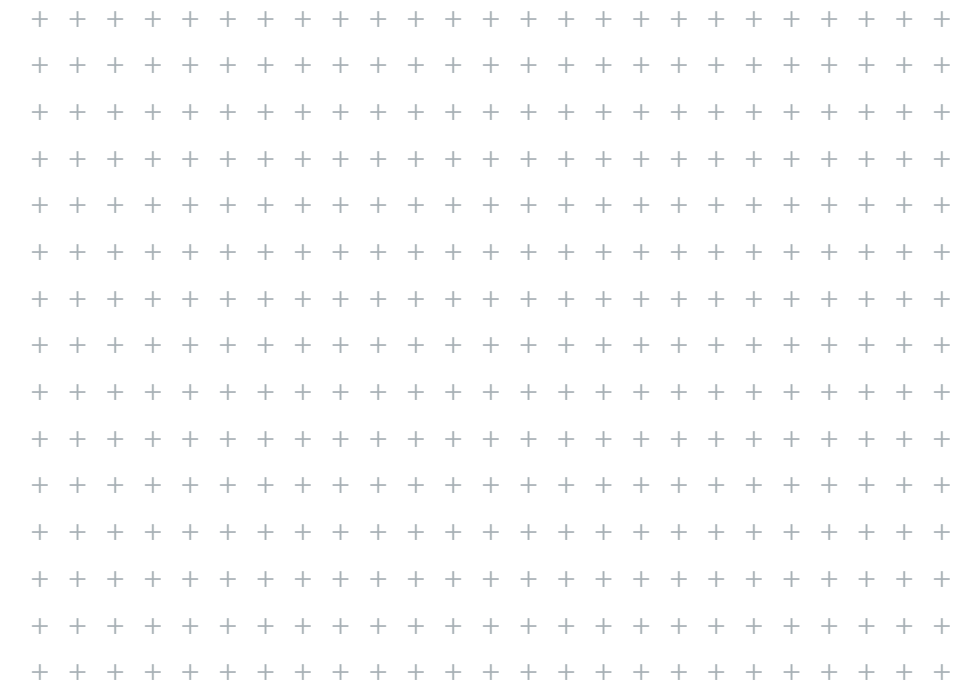




## YZER (Machine-room-less elevators)

An innovative elevator which does not require a separate machine room.

Machine Room Less



**YZER**  
MRL ELEVATOR

### High space efficiency

The thinner control panel and compact gearless traction machine eliminate the need for a separate machine room because the system is so compact it can be located at any floor or on hoistway wall.

### More flexible architectural design

The building roof line can be enhanced due to the elimination of the conventional penthouse type machine room. It enables a free layout of hoistway position as the machine room is not necessary.

### Reduction of building cost

Expenses for the construction of machine room as well as the completion time of building work can be reduced as the machine room is not necessary.

### Compact gearless traction machine

By using gearless traction machine with permanent magnet synchronous motor, it provides smoother ride, improved energy-saving, and environment friendly features.

### Enhanced safety

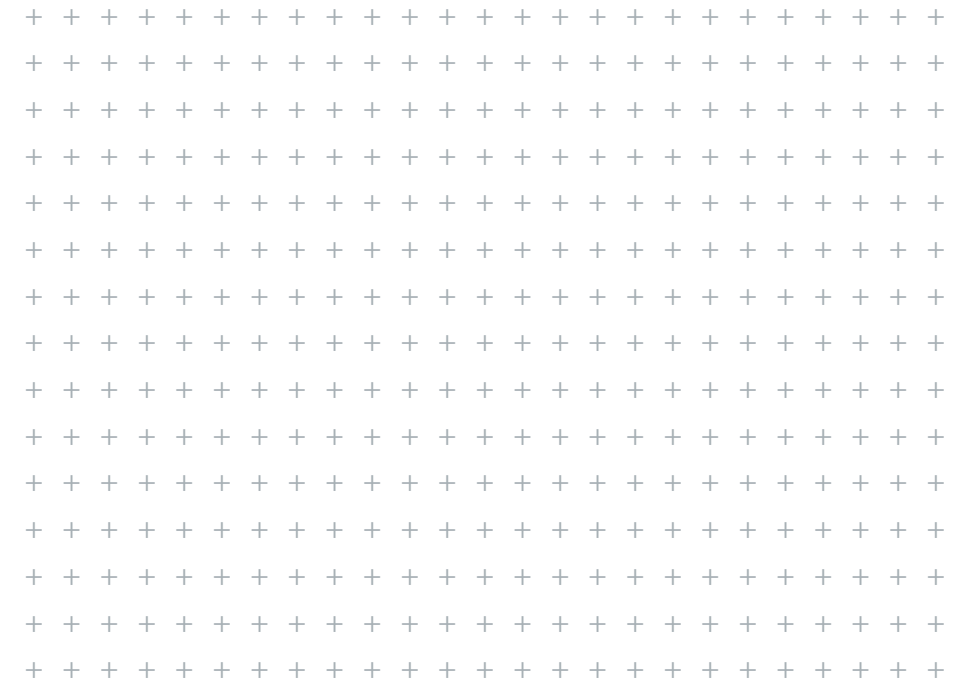
The self-checking system as part of the software/hardware design built-in the elevator and drive control system greatly improve safety of the elevator operation.





## Geared Traction Elevators

The highest efficiency is achieved through the optimal combination of voltage and frequency, the latest and most advanced VVVF technology of electric power supply to the induction motor.



### Extremely smooth riding comfort & accurate landing

Using computer control for acceleration and deceleration the riding comfort is improved.

### Enhanced safety

The self-checking system as part of the software/hardware design built-in the elevator and drive control system greatly improve safety of the elevator operation.

### Compact design

Minimized control panel enables to reduce installation costs.







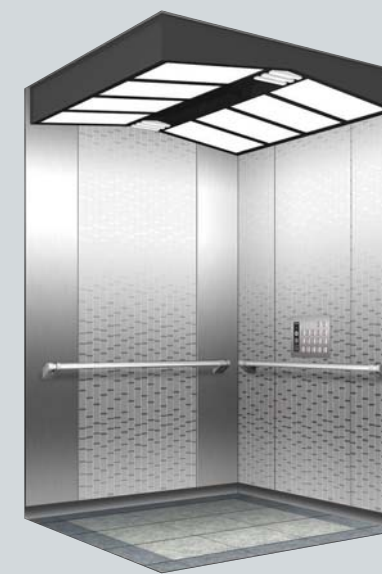
| FRONT VIEW |



| REAR VIEW |



| FRONT VIEW |



| REAR VIEW |



## | CAGE DESIGN |

Ceiling	CD597A, Painted Steel (P021), Skylite 10T, Indirect Lighting
Wall	Hairline-Finished Stainless Steel, Hairline Etched Stainless Steel (SE1172)
Car Doors	Hairline Etched Stainless Steel (SE1172)
Operating Panel	OPP-N241B / OPP-N241W (Hairline-Finished Stainless Steel)
Indicator	PI-D110
Handrail	Stainless Steel 1 Pipe / Polished (1B)
Flooring	Sense Tile (TN2402C)

Notes : 1. Finished product may vary slightly from these prints.  
2. The price will vary depending on the customer's specification.  
3. The split may vary depending on the capacity.



## | CAGE DESIGN |

Ceiling	CD451B, Acryl, Acryl Lens, Painted Steel (P022)
Wall	Hairline Etched Stainless Steel (SE1169)
Car Doors	Hairline Etched Stainless Steel (SE1169)
Operating Panel	OPP-N240B
Indicator	PI-D600
Handrail	Stainless Steel 1 Pipe (1A)
Flooring	Polyvinyl Tile (TN2401C, TN2406C)

Notes : 1. Finished product may vary slightly from these prints.  
2. The price will vary depending on the customer's specification.  
3. The split may vary depending on the capacity.



| FRONT VIEW |



| REAR VIEW |



| FRONT VIEW |



| REAR VIEW |



## | CAGE DESIGN |

Ceiling	CD253A, Painted Steel (P021, P022), Skylite 10T, LED Down Light
Wall	Hairline Etched Stainless Steel (SE1168), Hairline-Finished Stainless Steel
Car Doors	Hairline Etched Stainless Steel (SE1168)
Operating Panel	OPP-N240B / OPP-N240W (Hairline-Finished Stainless Steel)
Indicator	PI-D110
Handrail	Stainless Steel 1 Pipe + Coated Chrome Bracket (1B)
Flooring	Polyvinyl Tile (DTE2241, DTE2246)

Notes : 1. Finished product may vary slightly from these prints.  
 2. The price will vary depending on the customer's specification.  
 3. The split may vary depending on the capacity.



## | CAGE DESIGN |

Ceiling	CD291C, Acryl, Painted Steel (P021)
Wall	Mirror-Trimmed Stainless Steel, Hairline Etched Stainless Steel (SE1673)
Car Doors	Hairline Etched Stainless Steel (SE1673)
Operating Panel	OPP-N241B
Indicator	PI-D110
Handrail	Stainless Steel 1 Pipe + Coated Chrome Bracket (1B)
Flooring	Polyvinyl Tile (TN2422C, TN2601C)

Notes : 1. Finished product may vary slightly from these prints.  
 2. The price will vary depending on the customer's specification.  
 3. The split may vary depending on the capacity.





| FRONT VIEW |



| REAR VIEW |



## | CAGE DESIGN |

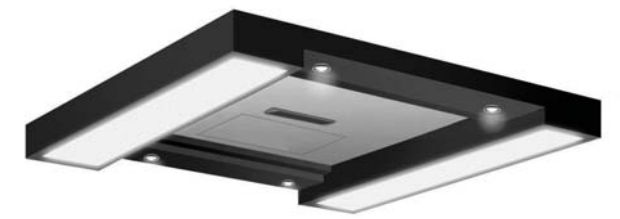
Ceiling	CD251A, Painted Steel (P022), Acryl, Convective Air Sterilization System
Wall	Hairline-Finished Stainless Steel, Mirror-Etched Stainless Steel (SE1184)
Car Doors	Mirror-Etched Stainless Steel (EE008)
Operating Panel	OPP-N241B (Mirror-Finished Stainless Steel )
Indicator	PI-D110 (Dot Type)
Handrail	Stainless Steel 1 Pipe + Aluminum die casting (1A)
Flooring	Marble

Notes: 1. Finished product may vary slightly from these prints.  
 2. The price will vary depending on the customer's specification.  
 3. The split may vary depending on the capacity.

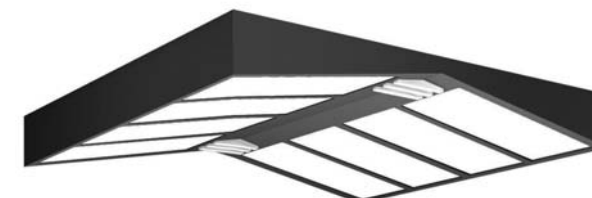
## | Ceiling



**CD251A**  
(P022 / Acryl / Convective Air Sterilization System)



**CD253A**  
(P021, P022 / Skylite 10T / LED Down Light)



**CD451B**  
(P022)



**CD516B**  
(Indirect Lighting / Convective Air Sterilization System)



**CD519D**  
(Indirect Lighting / Aluminium Silver / Convective Air Sterilization System)



**CD597A**  
(P007, Lusterless White / Skylite 10T / Indirect Lighting)

## | LED Ceiling



**CD299B**  
(P023 / LED Lighting(Daylight) / LED Down Light / Skylight / Anion Air Cleaner)



**CD569A**  
(Aluminium / Acryl / Sheet / LED Lighting(Daylight) / Anion Air Cleaner)

Sectional View



Sectional View

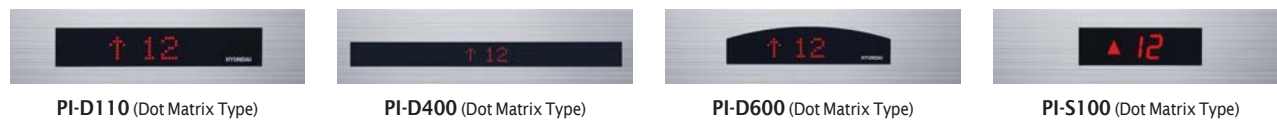


Notes: 1. Finished product may vary slightly from these prints.  
 2. The color of painted steel sheet can be changed according to the car wall color.  
 3. If car wall is stainless steel, P019 is recommended. The other materials need to be specified separately.

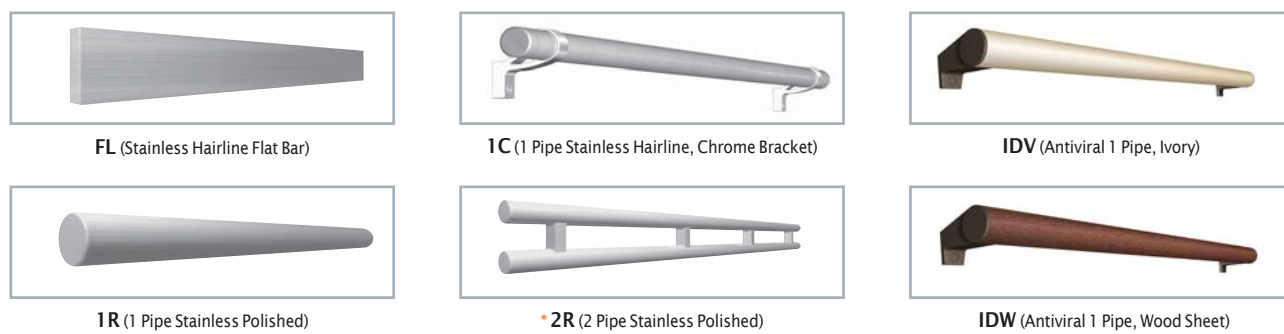
## Car Operating Panels



## Position Indicators

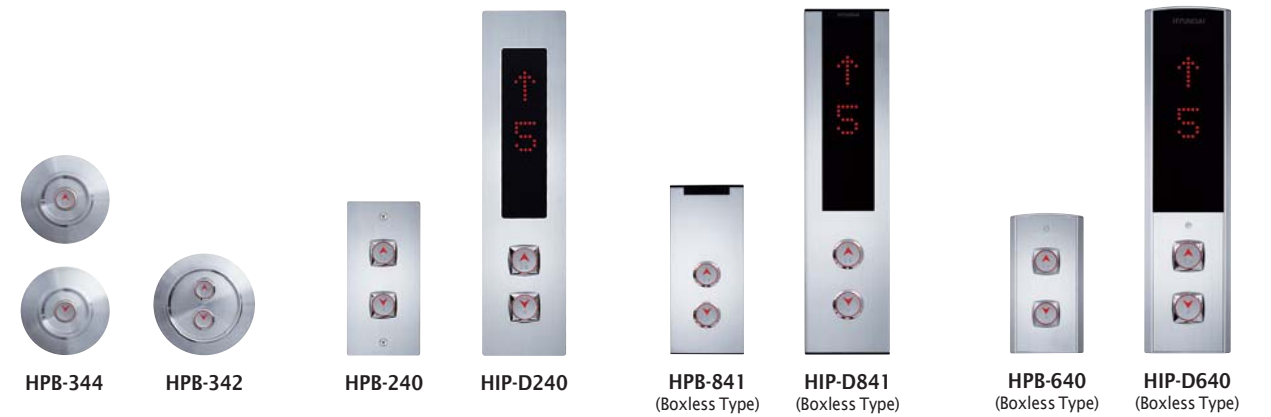


## Handrail



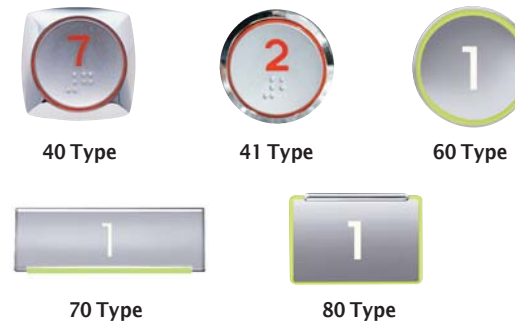
Notes : 1. \* means optional feature. 2. Finished product may vary slightly from these prints. 3. If one of the above handrails is applied for the disabled elevators, FL and 2R are not available.

## Hall Buttons



Notes : 1. Finished product may vary slightly from these prints.  
2. Boxless Type - 90type button cannot be applied.  
3. If card key system is applied, please select the box type hall button as card key system can not be applied on boxless hall button.

## Buttons



## Remote Elevator Calling Button (Optional)



To minimize waiting time at a special floor, a special car calling button can be installed in an office (e.g. Secretary for a CEO office) or in a penthouse (e.g. Penthouse for Executives or Government Officials or Special Guests) or in a high-rise apartment.

## HELIAS(Destination Selecting System)

By grouping passengers having the same target floor to the same elevator, it will save energy and increase system efficiency.



Notes : Finished product may vary slightly from these prints.



## Entrance (Etching)

EE001  
(SE695)EE002  
(SE692)EE003  
(SE691)EE005  
(SE614)EE006  
(SE743)EE007  
(SE1168)EE008  
(SE1171)EE009  
(SE1172)

Notes: 1. It's different from actual size.

2. ■: ▤ Emboss pattern □: ▤ Intaglio Pattern

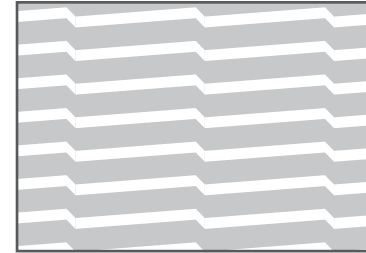
3. If the above etching patterns are applied for fire protection doors, the left door is 20 mm bigger than the right one. Consult Hyundai.

4. Etching patterns shown above are available for car doors and entrance doors.

5. For entrance opening, EE002, EE003, EE008 are not applied.

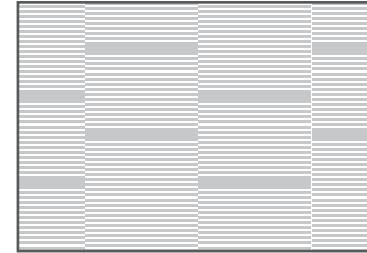
## Etching

BEST 1



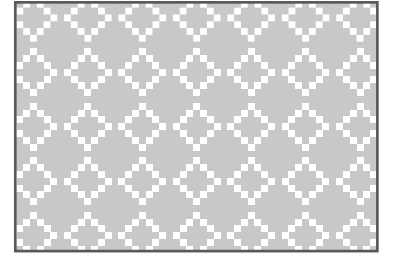
SE1168

BEST 2

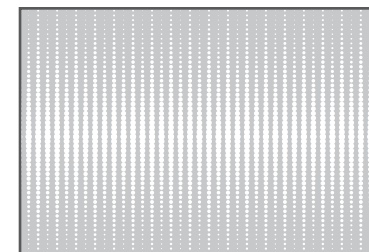


SE1169

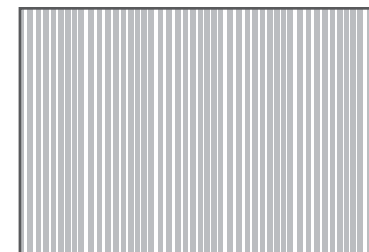
BEST 3



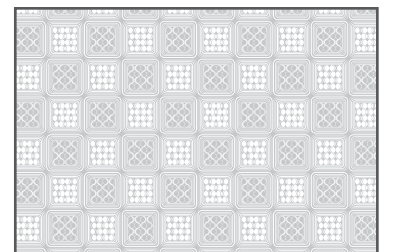
SE1172



SE2304



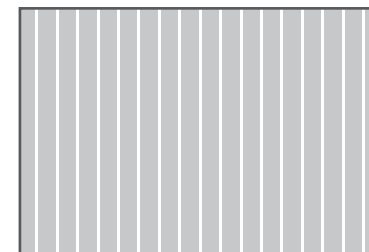
SE2302



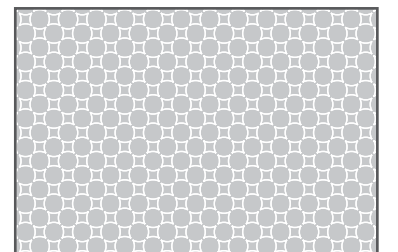
SE2303



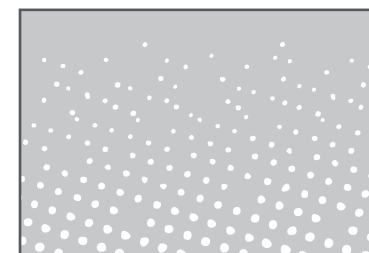
SE1590



SE1591 (Line 1mm, Gap 8mm)



SE1673



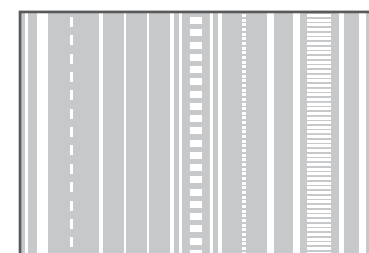
SE2301



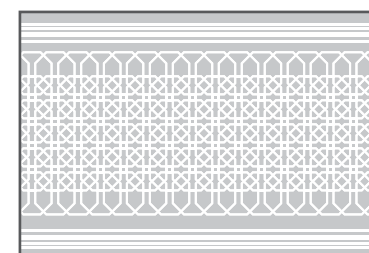
SE2306



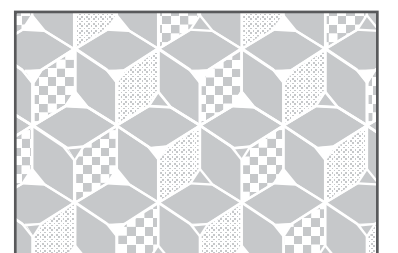
SE2309



SE2310



SE2311



SE2312

Notes: 1. It's different from actual size.

2. ■: ▤ Emboss pattern □: ▤ Intaglio Pattern

## Paint Color



P003 (2.3Y 8.5/2.5)



P006 (2.5GY 7/12)



P008 (8.5YR 7.1/12.5)



P009 (4.5B 7.8/2.0)



P011 (4.1R 4.3/12.8)



P012 (2.3PB 4.5/9.6)



P016 (9.9YR 5.0/3.1)



P017 (6.7Y 8.7/2.0)



P019 (5.1Y 7.6/1.1)



P020 (Metallic Gold)



P021 (Metallic Silver)



P022 (Black)

Note: Finished product may vary slightly from these prints.

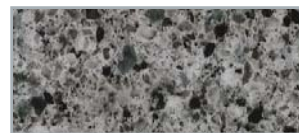
## Polyvinyl Tile



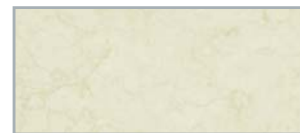
DTE2109



DTE2115



DTE2126



DTE2241



DTE2246



DTE2402



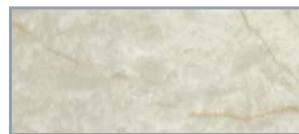
DTE2412



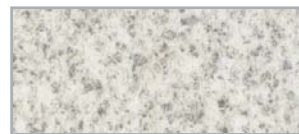
DTE2417



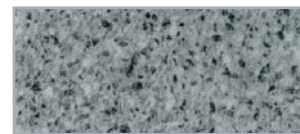
TN2230C



TN2233C

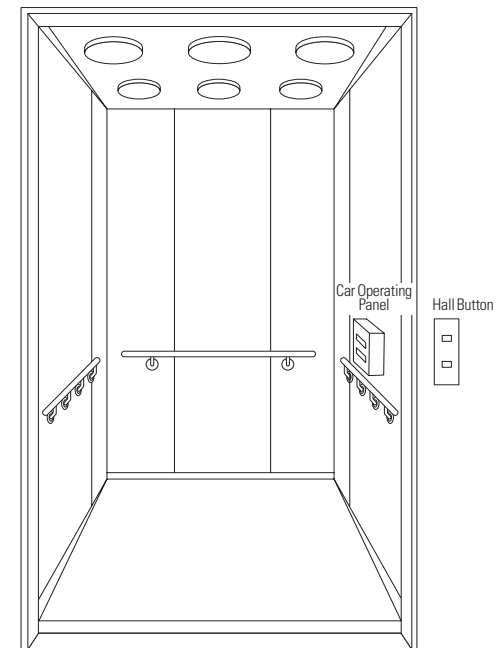


TN2601C



TN2604C

Note: Finished product may vary slightly from these prints.



## Car Operating Panels



OPP-N240W

Note: Finished product may vary slightly from these prints.

## Type of Buttons



40 TYPE

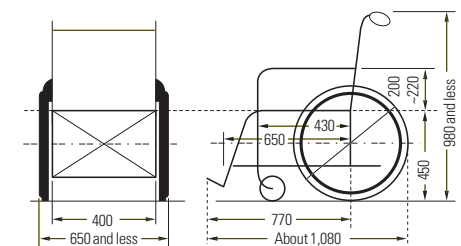


41 TYPE

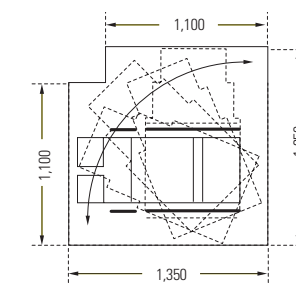
## Hall Buttons

HIP-D240  
(Box Type)HIP-D641  
(Boxless Type)HPB-240  
(Box Type)HPB-641  
(Boxless Type)

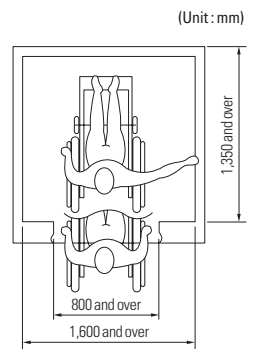
## Reference Data (Wheelchair)



Rear/Side View



Required Space (if rotated 90-degrees)



Car and Door Size

(Unit: mm)

Standard & Optional Features

Standard

	Items	Descriptions
Efficient	Simplex Selective Collective Operation	The whole operation process is automatically carried out by the calls registered.
	Car Call Cancellation	Allows cancellation of an incorrectly registered car call. If you push a wrong floor button in the car, you can cancel it by pressing the registered button one more time.
	Door Open/Close Time Adjustment	Door open and close are automatically adjusted depending on whether the car is a hall call or a car call to increase the operating efficient.
	Automatic Car Light & Fan Turn-off	Car illumination and fan are turned off automatically in case there is no hall call or car call to save energy.
Safety	Car Door Safety Edge with Single Side	Extending the full height of the car door, this device causes the doors to return to the fully open position should the door encounter a person or obstacle while closing.
	Landing Door Interlock Switch	In case on opening the door, the switch installed at the door operator is activated and keeps the car from moving. During the operation of car, it locks the door completely so as not to open the door from out side.
	Overload Holding Stop	When the load of passengers exceeds the maximum capacity, a buzzer sounds and the remains stopped at that floor. When the passengers get off, the buzzer will stop. Consequently elevator doors will close and operation continues.
	Emergency Lighting Feature	In case of main power failure, the emergency light will turn on automatically and maintain a period of time.
	Interphone(Intercom)	Provide emergency communication between passengers in the car, the machine room or building personnel in security or maintenance room.
	Micro Leveling	An automatic two-way leveling device is provided to maintain the elevator car level with the landing, regardless of elevator load or direction travel.
	Safety Drive Operation	During the normal operation, If the car stops between floors and safety device doesn't work, the car automatically moves to the nearest floor with the low speed. Then, it opens the door to allow the passengers to exit off.
	Automatic by Pass	When a car is 80% loaded, it will automatically by pass all hall calls as the by pass load weighting device is activated.

Option

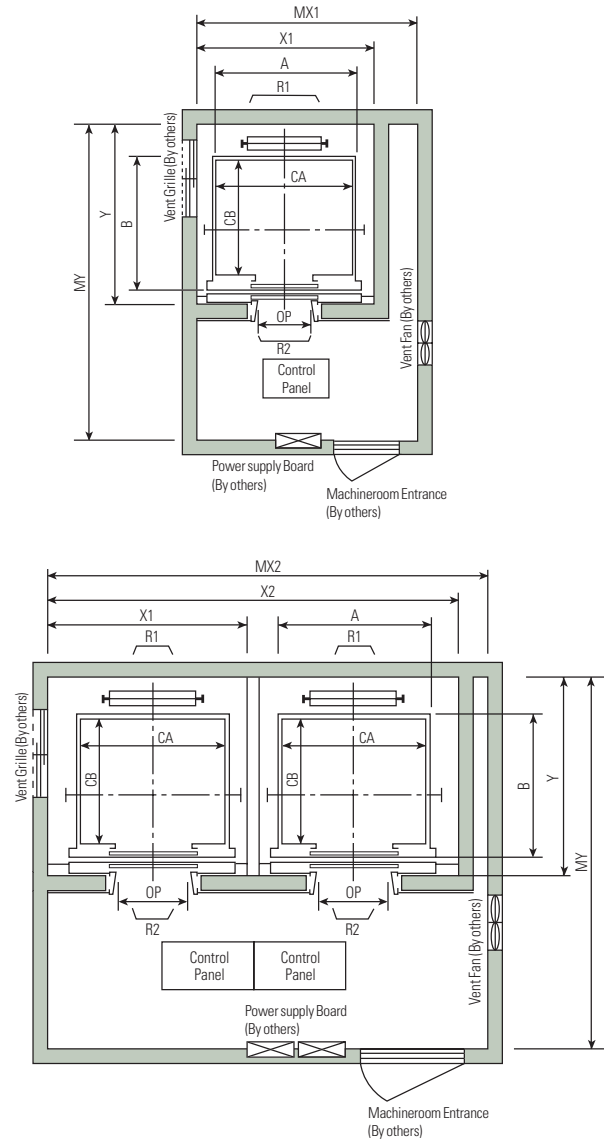
	Items	Descriptions
Efficient	Duplex Selective Collective Operation	Two units of elevator provide the effective service for the common hall calls.
	N-PLEX Operation (Group control)	3~8 units of elevator provide the effective service for the common or dual hall calls by combining each other systematically.
	DSS(Destination Selection System)	Register destination floor before entering car, allowed elevator will be displayed. Passengers could reach their destination floor in shortest time without pushing button in control operation panel.

	Items	Descriptions
Efficient	Attendant Operation	The operating mode of an elevator can be changed from the normal automatic operation to the attendant service by an attendant switch on COP.
	Voice Synthesizer	Provide to riding passengers with audio information about car operation such as direction of ride, landing floor, emergency, etc.
	Anti-nuisance Operation	In case of substantial difference between the number of calls registered on the car operating panel and actual load in the elevator, the elevator prevents unnecessary operation by canceling all registered calls when it arrives at the nearest floor.
	Hold Door Closing	In case of register the door holder button, the car wait with opened door during the time that the program.
	Parking Operation	The elevator can be automatically parked at the predetermined floor with its doors closed, and the lights and ventilation will be turned off as well.
	VIP Operation	A specified car can be withdrawn from group control and carries out independent operation in accordance with the hall call for VIP.
Safety	Air-cleaning System On Ceiling	Something in the air of dust and bacteria to clean the air filter out of the system to provide a more comfortable environment for service.
	Multi-beam Device For Car Door	Multi-beam from the top of the door to the bottom of the door senses any obstruction caught in the door. It makes the door re-open, or keep open/close before the door touches such obstruction.
	Supervisory Monitoring & Control With Computer	To monitor and control the elevator operation such as including floor, running direction, door opening, over load, fire alarm, fault and all elevator status by PC system.
	ELD (Emergency Landing Device)	In case of power failure, when the building has no emergency power supply, the elevator is sent to the nearest floor by power of rechargeable battery to prevent passengers from being trapped in the car.
	Emergency Fire Operation	In case of fire, every car should be returned to the specified floor in order to evacuate passengers to safety.
	Emergency Fireman's Service	In case of fire, fireman can use the elevator which is stopped at the specified floor in order to support fireman of fire-fighting.
	Emergency Power Operation	When power off, receive power from buildings generator, and operate according to procedure of generator.
	Emergency Earthquake Operation	The earthquake sensor detects whether the earthquakes occur or not, When earthquakes occur, the device forces the elevator to stop at the nearest floor with door fully open, and the elevator can't operate any more.

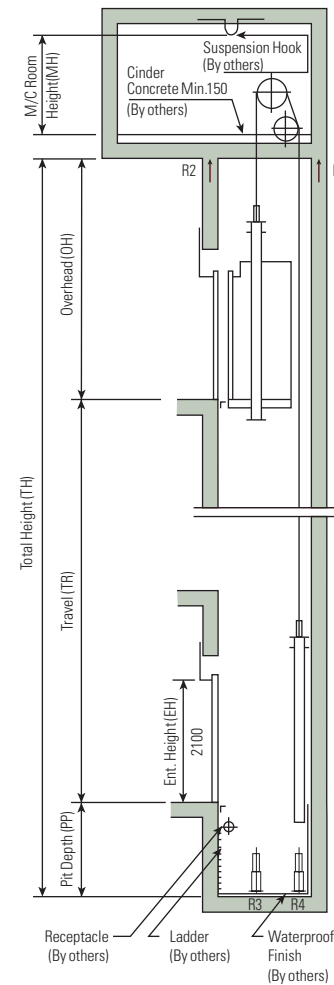
Note : Consult Hyundai if you need the specific features except the above items.



## Plan of Hoistway & Machine Room



## Section of Hoistway



## Overhead & Pit Depth

Load (kg)	450 ~ 1000		1150 ~ 1600		M/C Room Height (MH)
Speed (m/sec)	Overhead (OH)	Pit Depth (PP)	Overhead (OH)	Pit Depth (PP)	
1.0	4200	1300	4200	1400	2200
1.5	4400	1400	4400	1500	2400
1.75	4500	1500	4500	1600	
2.0	4700	1900	4700	2000	2600
2.5	5000	2200	5000	2200	

(Unit : mm)

**Notes :**

1. Above dimensions are applied for car height of 2500mm, for other applicable dimensions, contact us.
2. In case of requested double isolation pad, machine room height should be increased 200mm.
3. Machine room temperature should be maintained below 40 °C with ventilating fan and/or air conditioner (if necessary) and humidity below 90%.

## Standard Dimensions & Reactions

## Manufacturer Standard

nit: mm)

Speed (m/sec)	Capacity		Opening Type	Clear Opening	Car		Hoistway Size			Machine Room Size			M/C Room Reaction (kg)		Pit Reaction (kg)	
	Persons	kg			Internal	External	1Car	2Cars	Depth	1Car	2Cars	Depth	R1	R2	R3	R4
				OP												
1.0	6	450	2 Panel Center Open	800	1400 x 850	1460 x 1005	1800	3700	1450	2000	4000	3200	3600	2000	5400	4500
	8	550		800	1400 x 1030	1460 x 1185	1800	3700	1650	2000	4000	3400	4050	2250	6000	4900
	9	600		800	1400 x 1130	1460 x 1285	1800	3700	1750	2000	4000	3500	4100	2450	6300	5100
	10	700		800	1400 x 1250	1460 x 1405	1800	3700	1850	2000	4000	3600	4200	2700	6800	5400
	11	750		800	1400 x 1350	1460 x 1505	1800	3700	1950	2000	4000	3700	4550	2800	7100	5600
1.5	13	900		900	1600 x 1350	1660 x 1505	2050	4200	1950	2300	4400	3750	5100	3750	8100	6300
	15	1000		900	1600 x 1500	1660 x 1655	2050	4200	2100	2300	4400	3850	5450	4300	8600	6600
	1.75	1150		1000	1800 x 1500	1900 x 1670	2350	4800	2200	2600	4900	3900	6600	5100	11000	8700
1100				2000 x 1350	2100 x 1520	2550	5200	2050	2800	5250	3800	7800	6000	12200	9500	
1000				1800 x 1700	1900 x 1870	2350	4800	2400	2600	4900	4200					
2.0	20	1350		1100	2000 x 1500	2100 x 1670	2550	5200	2200	2800	5250	4000	8500	6800	13600	10400
	24	1600		1100	2000 x 1750	2100 x 1920	2550	5200	2450	2900	5400	4300	8500	6800	13600	10400
					2150 x 1600	2250 x 1770	2700	5500	2300	3000	5650	4200				
				900	1600 x 1350	1700 x 1520	2250	4600	2100	2550	4600	4250	12030	6650	9000	7500
	2.5	15		1000	900	1600 x 1500	1700 x 1670	2250	4600	2250	2550	4600	4250	12800	6950	9400
17		1150	1000	1800 x 1500	1900 x 1670	2450	5000	2250	2750	5000	4450	13080	7150	11000	8700	
			1100	2000 x 1350	2100 x 1520	2650	5400	2100	2950	5400	4650					
2.0		1350	1000	1800 x 1700	1900 x 1870	2450	5000	2450	2750	5000	4450	14350	7650	12200	9500	
			1100	2000 x 1500	2100 x 1670	2650	5400	2250	2950	5400	4650	15100	8100	13600	10400	
	1100		2000 x 1750	2100 x 1920	2650	5400	2500	2950	5400	4650						
2.0	1600	1100	1100	2000 x 1750	2100 x 1920	2650	5400	2500	2950	5400	4650	15100	8100	13600	10400	
				2150 x 1600	2250 x 1770	2800	5700	2350	3100	5700	4800					

## EN81 Standard

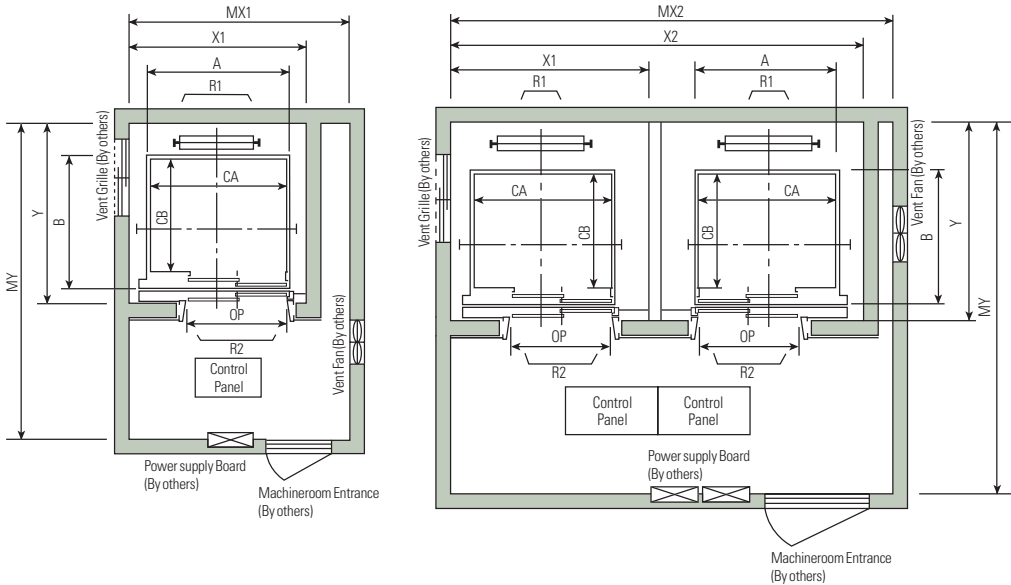
nit: mm)

Speed (m/sec)	Capacity		Opening Type	Clear Opening	Car		Hoistway Size			Machine Room Size			M/C Room Reaction (kg)		Pit Reaction (kg)	
	Persons	kg			Internal	External	1Car	2Cars	Depth	1Car	2Cars	Depth	R1	R2	R3	R4
				OP												
1.0	6	450	2 Panel Center Open	700	1100 x 1100	1160 x 1250	1550	3200	1700	1800	3500	3450	3600	2000	5400	4500
				800	1400 x 850	1460 x 1005	1800	3700	1450	2000	4000	3200				
	7	550		800	1400 x 1030	1460 x 1185	1800	3700	1650	2000	4000	3400	4050	2250	6000	4900
	8	630		800	1400 x 1100	1460 x 1255	1800	3700	1700	2000	4000	3450	4100	2450	6300	5100
	9	700		800	1400 x 1250	1460 x 1405	1800	3700	1850	2000	4000	3600	4200	2700	6800	5400
1.5	10	800		800	1400 x 1350	1460 x 1505	1800	3700	1950	2000	4000	3700	4550	2800	7100	5600
				900	1600 x 1300	1660 x 1455	2050	4200	1900	2300	4400	3700	5100	3750	8100	6300
	13	1000		900	1600 x 1400	1660 x 1555	2050	4200	2000	2300	4400	3700	5450	4300	8600	6600
1.75	15	1150		1000	1800 x 1400	1900 x 1570	2350	4800	2100	2600	4900	3800	6600	5100	11000	8700
				1100	2000 x 1300	2100 x 1470	2550	5200	2000	2800	5250	3750				
	18	1350		1000	1800 x 1650	1900 x 1820	2350	4800	2350	2600	4900	4150	7800	6000	12200	9500
				1100	2000 x 1500	2100 x 1670	2550	5200	2200	2800	5250	4000				
				1100	2000 x 1700	2100 x 1870	2550	5200	2400	2900	5400	4250				
2150 x 1600	2250 x 1770	2700			5500	2300	3000	5650	4200							
2.0	10	800	800	1400 x 1350	1500 x 1520	2050	4200	2100	2350	4200	4100	10500	6400	8200	7300	
			900	1600 x 1300	1700 x 1470	2250	4600	2050	2550	4600	4050	12030	6650	9000	7500	
			900	1600 x 1400	1700 x 1570	2250	4600	2150	2550	4600	4150	12800	6950	9400	8000	
	15	1150	1000	1800 x 1500	1900 x 1670	2450	5000	2250	2750	5000	4450	13080	7150	11000	8700	
			1100	2000 x 1350	2100 x 1520	2650	5400	2100	2950	5400	4650					
			1000	1800 x 1700	1900 x 1870	2450	5000	2450	2750	5000	4450					14350
	2.5	18	1350	1100	2000 x 1500	2100 x 1670	2650	5400	2250	2950	5400	4650	15100	8100	13600	10400
				1100	2000 x 1750	2100 x 1920	2650	5400	2500	2950	5400	4650				
					2150 x 1600	2250 x 1770	2800	5700	2350	3100	5700	4800				
					21	1600										

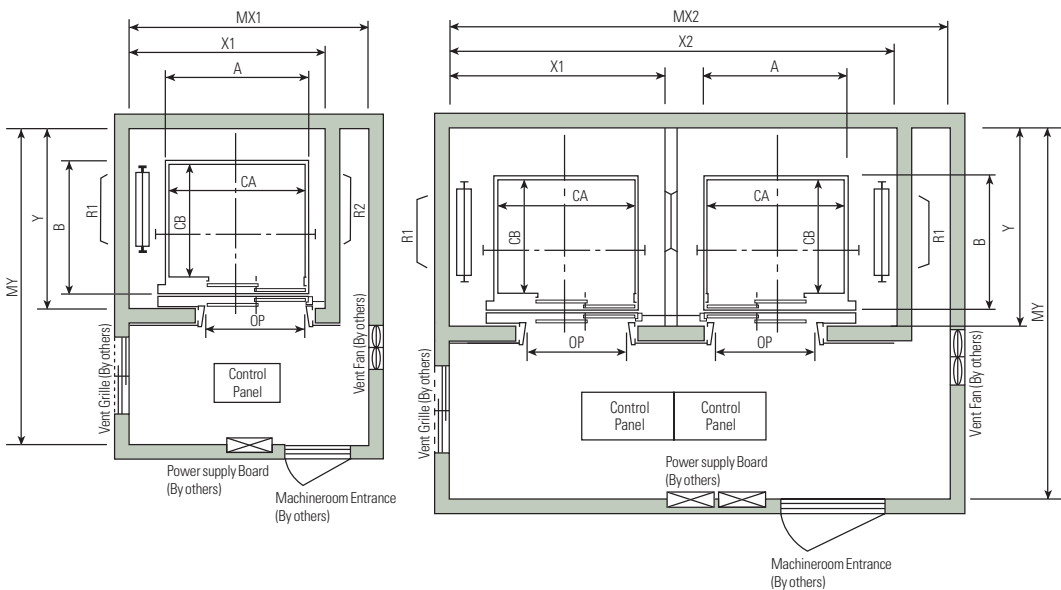
Layout Plan - LUXEN(Gearless Elevators) 1~2.5m/sec | Side open

Plan of Hoistway & Machine Room

Rear Drop



Side Drop



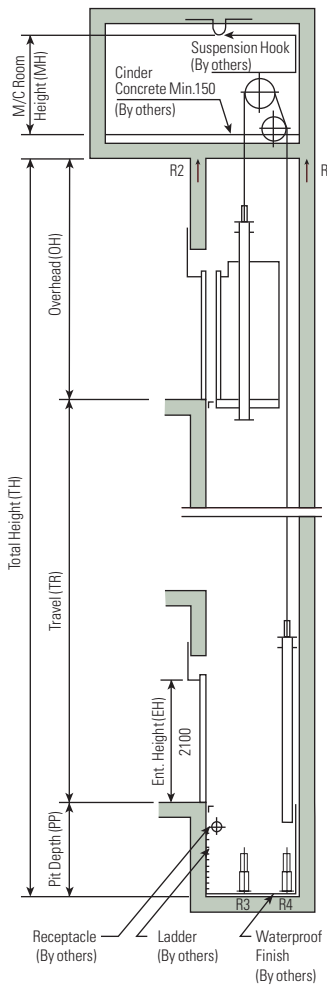
Overhead & Pit Depth

(Unit : mm)

Load (kg)	450 ~ 1000		1150 ~ 1600		M/C Room Height (MH)
Speed (m/sec)	Overhead (OH)	Pit Depth (PP)	Overhead (OH)	Pit Depth (PP)	
1.0	4200	1300	4200	1400	2200
1.5	4400	1400	4400	1500	2400
1.75	4500	1500	4500	1600	
2.0	4700	1900	4700	2000	2600
2.5	5000	2200	5000	2200	

- Notes : 1. Above dimentions are applied for car height of 2500mm, for other applicable dimensions, contact us.
2. In case of requested double isolation pad, machine room height should be increased 200mm.
3. Machine room temperature should be maintained below 40 °C with ventilating fan and/or air conditioner (if necessary) and humidity below 90%.

Section of Hoistway



Standard Dimensions & Reactions

Manufacturer Standard

(Unit : mm)

Speed (m/sec)	Capacity		Opening Type	Clear Opening	C.WT Drop	Car		Hoistway Size			Machine Room Size			M/C Room Reaction (kg)		Pit Reaction (kg)		
	Persons	kg				Internal	External	1Car	2Cars	Depth	1Car	2Cars	Depth	Reaction (kg)	R1	R2	R3	R4
1.0	6	450	2 Panel Side Open	800	Rear	1100 x 1100	1160 x 1292	1550	3200	1800	1800	3500	3600	3600	2000	5400	4500	
	8	550		800	Rear	1100 x 1250	1160 x 1442	1550	3200	1950	1800	3500	3750	4050	2250	6000	4900	
	9	600		800	Rear	1100 x 1400	1160 x 1592	1550	3200	2100	1800	3500	3900	4100	2450	6300	5100	
	900	Rear		1400 x 1100	1460 x 1292	1800	3700	1800	2000	4000	3600							
1.5	10	700		800	Side	1100 x 1600	1160 x 1792	1850	3700	2050	2000	4000	3800	4200	2700	6800	5400	
	11	750		900	Side	1100 x 1650	1160 x 1842	1850	3700	2100	2000	4000	3900	4550	2800	7100	5600	
	13	900		900	Side	1100 x 2000	1160 x 2192	1850	3700	2500	2000	4000	4300	5100	3750	8100	6300	
	1.75	15		1000	900	Side	1100 x 2100	1160 x 2292	1850	3700	2550	2000	4000	4350	5450	4300	8600	6600
1100		Rear		2100 x 1100	2160 x 1292	2550	5200	1800	2550	5200	3600							
17		1150		1000	Side	1200 x 2200	1300 x 2407	2100	4300	2650	2100	4300	4400	6600	5100	11000	8700	
20		1350		1100	Side	1300 x 2300	1400 x 2507	2250	4600	2750	2250	4600	4500	7800	6000	12200	9500	
2.0	24	1600		1200	Side	1500 x 2300	1600 x 2507	2450	5000	2750	2450	5000	4500	8500	6800	13600	10400	
	13	900	900	Side	1200 x 1800	1300 x 2007	2200	4500	2250	2500	4500	4300	12030	6650	9000	7500		
	15	1000	900	Side	1200 x 1900	1300 x 2107	2200	4500	2350	2500	4500	4400	12800	6950	9400	8000		
			1000	Rear	1600 x 1500	1700 x 1707	2250	4600	2300	2550	4600	4400	12800	6950	9400	8000		
			1000	Side	1200 x 2200	1300 x 2407	2200	4500	2650	2500	4500	4700	13080	7150	11000	8700		
			1100	Rear	2000 x 1350	2100 x 1557	2650	5400	2150	2950	5400	4200						
	2.5	20	1350	1000	Side	1300 x 2300	1400 x 2507	2300	4700	2750	2600	4700	4800	14350	7650	12200	9500	
				1100	Rear	2000 x 1500	2100 x 1707	2650	5400	2300	2950	5400	4400					
				1100	Side	1500 x 2300	1600 x 2507	2500	5100	2750	2800	5100	4800	15100	8100	13600	10400	
				1200	Rear	2100 x 1650	2200 x 1857	2750	5600	2450	3050	5600	4500					

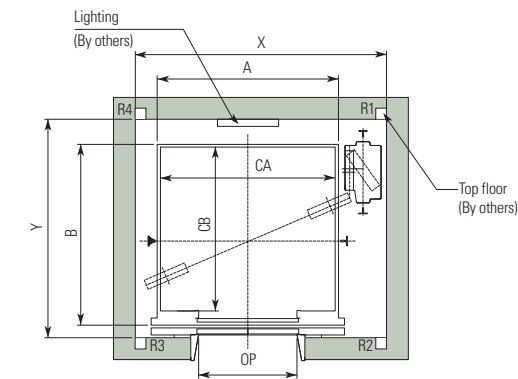
EN81 Standard

(Unit : mm)

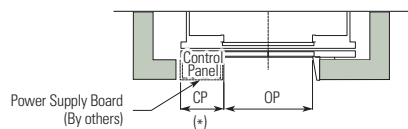
Speed (m/sec)	Capacity		Opening Type	Clear Opening	C.WT Drop	Car		Hoistway Size			Machine Room Size			M/C Room		Pit Reaction		
	Persons	kg				Internal	External	1Car	2Cars	Depth	1Car	2Cars	Depth	Reaction (kg)		(kg)		
														CA × CB	A × B	X1	X2	Y
1.0	6	450	2 Panel Side Open	800	Rear	1100 x 1100	1160 x 1292	1550	3200	1800	1800	3500	3600	3600	2000	5400	4500	
	7	550		800	Rear	1100 x 1250	1160 x 1442	1550	3200	1950	1800	3500	3750	4050	2250	6000	4900	
	8	630		800	Rear	1100 x 1400	1160 x 1592	1550	3200	2100	1800	3500	3900	4100	2450	6300	5100	
	9	700		900	Rear	1400 x 1100	1460 x 1292	1800	3700	1800	2000	4000	3600					
1.5	10	800		800	Side	1100 x 1600	1160 x 1792	1850	3700	2050	2000	4000	3800	4200	2700	6800	5400	
	12	900		900	Side	1100 x 1650	1160 x 1842	1850	3700	2100	2000	4000	3900	4550	2800	7100	5600	
1.75	13	1000		900	Side	1100 x 2000	1160 x 2192	1850	3700	2500	2000	4000	4300	5100	3750	8100	6300	
	15	1150		900	Side	1100 x 2100	1160 x 2292	1850	3700	2550	2000	4000	4350	5450	4300	8600	6600	
				1100	Rear	2100 x 1100	2160 x 1292	2550	5200	1800	2550	5200	3600					
	2.0	18		1350	1000	Side	1200 x 2200	1300 x 2407	2100	4300	2650	2100	4300	4400	6600	5100	11000	8700
21		1600		1100	Side	1300 x 2300	1400 x 2507	2250	4600	2750	2250	4600	4500	7800	6000	12200	9500	
2.5		18		1350	1200	Side	1400 x 2400	1500 x 2607	2350	5000	2850	2450	5000	4600	8500	6800	13600	10400
			900		Side	1200 x 1800	1300 x 2007	2200	4500	2250	2500	4500	4300	12030	6650	9000	7500	
	13		1000		900	Side	1200 x 1900	1300 x 2107	2200	4500	2350	2500	4500	4400	12800	6950	9400	8000
	1100		Rear		1600 x 1400	1700 x 1607	2250	4600	2200	2550	4600	4300	12800	6950	9400	8000		
2.5	21	1600	1000	Side	1200 x 2200	1300 x 2407	2200	4500	2650	2500	4500	4700	13080	7150	11000	8700		
			1100	Rear	1800 x 1400	1900 x 1607	2450	5000	2200	2750	5000	4300						
			1000	Side	1300 x 2300	1400 x 2507	2300	4700	2750	2600	4700	4800	14350	7650	12200	9500		
			1100	Rear	2000 x 1500	2100 x 1707	2650	5400	2300	2950	5400	4400						
2.5	21	1600	1200	Side	1400 x 2400	1500 x 2607	2400	4900	2750	2700	4900	4800	15100	8100	13600	10400		
				Rear	2100 x 1650	2200 x 1857	2750	5600	2450	3050	5600	4500						

Layout Plan - YZER(Machine-Room-Less Elevators) 1~2.5m/sec | Center open

Plan of Hoistway

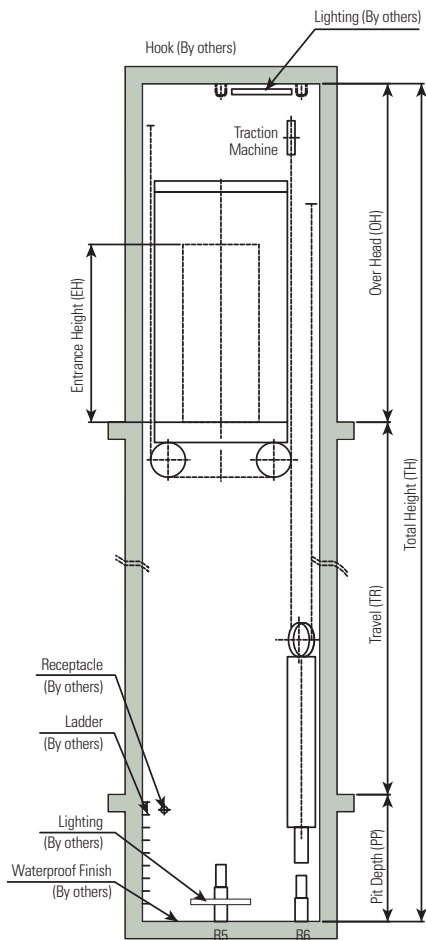


Floor without control panel



Floor with control panel

Section of Hoistway



Overhead & Pit Depth

(Unit : mm)

Duty Load (kg)	Speed (m/s)	Overhead (OH)		Pit Depth (PP)	Control Panel (CP)*
		2 Panel Center Open	2 Panel Side Open		
550 ~ 1150	1.0	3800	4300	1500	530
	1.5	3900	4400	1800	
	1.75	4000	4500	2100	
900 ~ 1150	2.0	4300	4800	2200	530
	2.5	5100	5600	2400	630
1350 ~ 1600	1.0	4200	4700	1500	530
	1.5	4300	4800	1800	630
	1.75	4500	5000	2100	
	2.0	4800	5300	2200	
1750 ~ 2000	2.5	5100	5600	2400	630
	1.0	4400	4900	1750	
	1.5	4500	5000	1900	
	1.75	4600	5100	2100	
2250 ~ 2500	1.0	5000	5500	1750	630
	1.5	5100	5600	1900	
	1.75	5300	5800	2100	

- Notes : 1. Above dimentions are applied for car height of 2500mm and standard car size & opening for other applicable dimensions, please contact us.
2. In case of side open or requested wide opening size to compare car width, OH should be increased 500mm.
3. When non-satandard capacities and dimensions are required to meet the local code, please consult us.

Standard Dimensions

Manufacturer Standard

(Unit : mm)

Speed (m/sec)	Capacity		Opening Type	Clear Opening	Car		Hoistway Size		M/C Room Reaction (kg)				Pit Reaction (kg)	
	Persons	kg			CA × CB	A × B	X	Y	R1	R2	R3	R4	R5	R6
1.0	8	550	2 Panel Center Open	800	1300 x 1100	1360 x 1255	2050	1700	4000	2100	1500	600	7000	1600
	9	600		800	1300 x 1190	1360 x 1345	2050	1800	4100	2300	1600	600	7300	1600
	10	700		800	1300 x 1300	1360 x 1455	2050	1800	4500	2300	1700	650	7800	1600
	11	750		800	1300 x 1400	1360 x 1555	2050	1850	4800	2300	1750	700	8100	1700
	13	900		900	1600 x 1300	1660 x 1505	2300	1850	5100	2500	1800	750	9200	1900
	15	1000		900	1600 x 1400	1660 x 1555	2300	1900	5400	2700	1900	800	9800	2000
	17	1150		1000	1800 x 1400	1900 x 1570	2600	2100	6300	3400	2100	900	12500	2500
	20	1350		1000	1800 x 1600	1900 x 1770	2650	2400	7700	4300	2500	1100	13900	3000
	24	1600		1100	2000 x 1700	2100 x 1870	2900	2450	7900	4600	2600	1200	15200	3200
	27	1750		1200	2100 x 1750	2200 x 1920	3000	2500	8600	4300	2900	1300	16700	2800
	30	2000		1200	2100 x 1900	2200 x 2070	3000	2550	9100	4700	3100	1300	19800	3300
	38	2500		1300	2200 x 2200	2300 x 2370	3300	3000	10300	5200	3300	1600	24000	3700
2.0	13	900		900	1600 x 1300	1700 x 1520	2500	2100	5900	3700	1800	900	11200	2300
	15	1000		900	1600 x 1400	1700 x 1670	2600	2100	6100	3900	2200	900	11800	2500
	17	1150		1000	1800 x 1400	1900 x 1670	2700	2100	6600	4200	2300	900	14200	2700
	20	1350		1000	1800 x 1600	1900 x 1870	2700	2400	8200	4600	2600	1200	16500	3100
	24	1600		1100	2000 x 1700	2100 x 1920	2900	2450	8300	4900	2700	1200	17800	3300
	13	900		900	1600 x 1350	1700 x 1520	2500	2250	5900	3700	1800	900	11200	2300
2.5	15	1000		900	1600 x 1400	1700 x 1670	2600	2250	6100	3900	2200	900	11800	2500
	17	1150		1000	1800 x 1400	1900 x 1670	2700	2250	6600	4200	2300	900	14200	2700
	20	1350		1000	1800 x 1600	1900 x 1870	2700	2400	8200	4600	2600	1200	16500	3100
	24	1600		1100	2000 x 1700	2100 x 1920	2900	2450	8300	4900	2700	1200	17800	3300

EN81 Standard

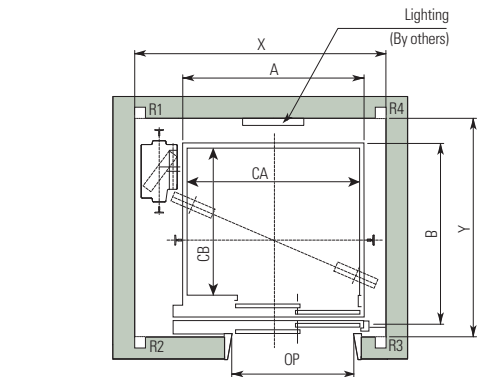
(Unit : mm)

Speed (m/sec)	Capacity		Opening Type	Clear Opening	Car		Hoistway Size		M/C Room Reaction (kg)				Pit Reaction (kg)	
	Persons	kg			CA × CB	A × B	X	Y	R1	R2	R3	R4	R5	R6
1.0	7	550	2 Panel Center Open	800	1300 x 1100	1360 x 1255	2050	1700	4000	2100	1500	600	7000	1600
	8	630		800	1300 x 1190	1360 x 1345	2050	1800	4100	2300	1600	600	7300	1600
	9	700		800	1300 x 1300	1360 x 1455	2050	1800	4500	2300	1700	650	7800	1600
	10	800		800	1300 x 1400	1360 x 1555	2050	1850	4800	2300	1750	700	8100	1700
	12	900		900	1600 x 1300	1660 x 1455	2300	1850	5100	2500	1800	750	9200	1900
	13	1000		900	1600 x 1400	1660 x 1555	2300	1900	5400	2700	1900	800	9800	2000
	15	1150		1000	1800 x 1400	1900 x 1570	2600	2100	6300	3400	2100	900	12500	2500
	18	1350		1000	1800 x 1600	1900 x 1770	2650	2400	7700	4300	2500	1100	13900	3000
	21	1600		1100	2000 x 1700	2100 x 1870	2900	2450	7900	4600	2600	1200	15200	3200
	23	1750		1200	2100 x 1750	2200 x 1920	3000	2500	8600	4300	2900	1300	16700	2800
	26	2000		1200	2100 x 1900	2200 x 2070	3000	2550	9100	4700	3100	1300	19800	3300
	33	2500		1300	2200 x 2200	2300 x 2370	3300	3000	10300	5200	3300	1600	24000	3700
2.0	12	900		900	1600 x 1300	1700 x 1520	2500	2100	5900	3700	1800	900	11200	2300
	13	1000		900	1600 x 1400	1700 x 1670	2600	2100	6100	3900	2200	900	11800	2500
	15	1150		1000	1800 x 1400	1900 x 1670	2700	2100	6600	4200	2300	900	14200	2700
	18	1350		1000	1800 x 1600	1900 x 1870	2700	2400	8200	4600	2600	1200	16500	3100
	21	1600		1100	2000 x 1700	2100 x 1920	2900	2450	8300	4900	2700	1200	17800	3300
	12	900		900	1600 x 1300	1700 x 1520	2500	2250	5900	3700	1800	900	11200	2300
2.5	13	1000		900	1600 x 1400	1700 x 1670	2600	2250	6100	3900	2200	900	11800	2500
	15	1150		1000	1800 x 1400	1900 x 1670	2700	2250	6600	4200	2300	900	14200	2700
	18	1350		1000	1800 x 1600	1900 x 1870	2700	2400	8200	4600	2600	1200	16500	3100
	21	1600		1100	2000 x 1700	2100 x 1920	2900	2450	8300	4900	2700	1200	17800	3300

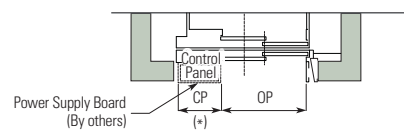


Layout Plan - YZER(Machine-Room-Less Elevators) 1~2.5m/sec | Side open

Plan of Hoistway

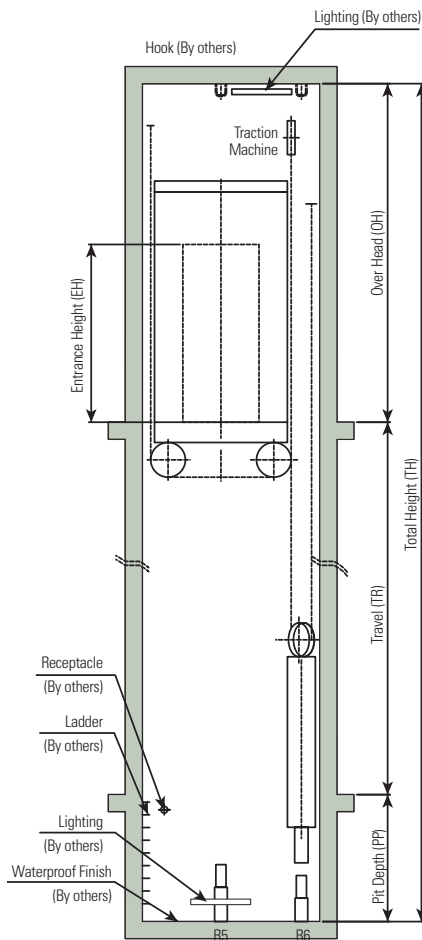


Floor without control panel



Floor with control panel

Section of Hoistway



Overhead & Pit Depth

(Unit : mm)

Duty Load (kg)	Speed (m/s)	Overhead (OH)		Pit Depth (PP)	Control Panel (CP)*
		2 Panel Center Open	2 Panel Side Open		
550 ~ 1150	1.0	3800	4300	1500	530
	1.5	3900	4400	1800	
	1.75	4000	4500	2100	
900 ~ 1150	2.0	4300	4800	2200	530
	2.5	5100	5600	2400	630
1350 ~ 1600	1.0	4200	4700	1500	530
	1.5	4300	4800	1800	630
	1.75	4500	5000	2100	
	2.0	4800	5300	2200	
	2.5	5100	5600	2400	
1750 ~ 2000	1.0	4400	4900	1750	630
	1.5	4500	5000	1900	
	1.75	4600	5100	2100	
2250 ~ 2500	1.0	5000	5500	1750	630
	1.5	5100	5600	1900	
	1.75	5300	5800	2100	

- Notes : 1. Above dimentions are applied for car height of 2500mm and standard car size & opening for other applicable dimensions, please contact us.
2. In case of side open or requested wide opening size to compare car width, OH should be increased 500mm.
3. When non-satandard capacities and dimensions are required to meet the local code, please consult us.

Standard Dimensions

Manufacturer Standard

(Unit : mm)

Speed (m/sec)	Capacity		Opening Type	Clear Opening OP	Car		Hoistway Size		M/C Room Reaction (kg)				Pit Reaction (kg)	
	Persons	kg			CA × CB	A × B	X	Y	R1	R2	R3	R4	R5	R6
1.0	8	550	2 Panel Side Open	800	1100 x 1300	1160 x 1492	1800	1850	4000	2100	1500	600	7000	1600
	9	600		800	1100 x 1400	1160 x 1592	1800	1900	4100	2300	1600	600	7300	1600
	10	700		800	1200 x 1400	1260 x 1592	1900	1900	4500	2300	1700	650	7800	1600
	11	750		800	1300 x 1400	1360 x 1592	2000	1900	4800	2300	1750	700	8100	1700
	13	900		900	1300 x 1600	1360 x 1792	2000	2100	5100	2500	1800	750	9200	1900
1.5	15	1000		900	1100 x 2100	1160 x 2292	1800	2550	5400	2700	1900	800	9800	2000
	17	1150		1200	2100 x 1100	2160 x 1292	2800	1750	5400	2700	1900	800	9800	2000
	20	1350		1000	1200 x 2200	1300 x 2407	2000	2700	6300	3400	2100	900	12500	2500
	24	1600		1000	1300 x 2300	1400 x 2507	2200	2800	7700	4300	2500	1100	13900	3000
	27	1750		1100	1500 x 2300	1600 x 2507	2400	2800	7900	4600	2600	1200	15200	3200
	30	2000		1200	1600 x 2300	1700 x 2507	2500	2800	8600	4300	2900	1300	16700	2800
1.75	38	2500		1200	1500 x 2700	1600 x 2907	2400	3200	9100	4700	3100	1300	19800	3300
	13	900		1300	1800 x 2700	1900 x 2907	2900	3200	10300	5200	3300	1600	24000	3700
	15	1000		900	1300 x 1600	1400 x 1807	2200	2250	5900	3700	1800	900	11200	2300
	17	1150		900	1300 x 1750	1400 x 1957	2200	2450	6100	3900	2200	900	11800	2500
	20	1350		1000	1200 x 2200	1300 x 2407	2100	2700	6600	4200	2300	900	14200	2700
	24	1600		1000	1300 x 2300	1400 x 2507	2200	2800	8200	4600	2600	1200	16500	3100
2.0	13	900		1100	1500 x 2300	1600 x 2507	2400	2800	8300	4900	2700	1200	17800	3300
	15	1000		900	1300 x 1600	1400 x 1807	2200	2250	5900	3700	1800	900	11200	2300
	17	1150		900	1300 x 1750	1400 x 1957	2200	2450	6100	3900	2200	900	11800	2500
	20	1350		1000	1200 x 2200	1300 x 2407	2100	2700	6600	4200	2300	900	14200	2700
2.5	24	1600		1000	1300 x 2300	1400 x 2507	2200	2800	8200	4600	2600	1200	16500	3100
	13	900		1100	1500 x 2300	1600 x 2507	2400	2800	8300	4900	2700	1200	17800	3300

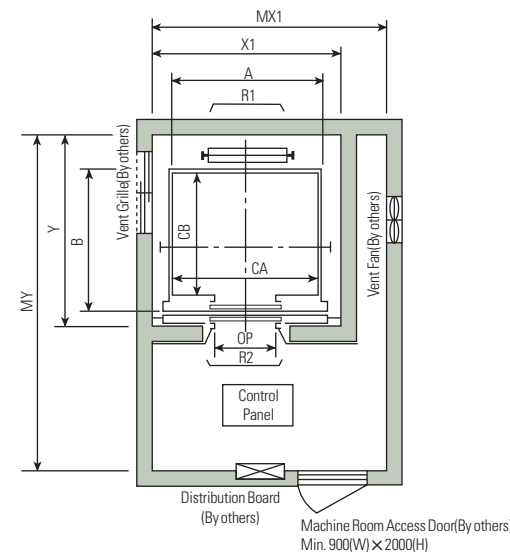
EN81 Standard

(Unit : mm)

Speed (m/sec)	Capacity		Opening Type	Clear Opening OP	Car		Hoistway Size		M/C Room Reaction (kg)				Pit Reaction (kg)	
	Persons	kg			CA × CB	A × B	X	Y	R1	R2	R3	R4	R5	R6
1.0	7	550	2 Panel Side Open	800	1100 x 1300	1160 x 1492	1800	1850	4000	2100	1500	600	7000	1600
	8	630		800	1100 x 1400	1160 x 1592	1800	1900	4100	2300	1600	600	7300	1600
	9	700		800	1200 x 1400	1260 x 1592	1900	1900	4500	2300	1700	650	7800	1600
	10	800		800	1300 x 1400	1360 x 1592	2000	1900	4800	2300	1750	700	8100	1700
	12	900		900	1300 x 1600	1360 x 1792	2000	2100	5100	2500	1800	750	9200	1900
1.5	13	1000		900	1100 x 2100	1160 x 2292	1800	2550	5400	2700	1900	800	9800	2000
	15	1150		1200	2100 x 1100	2160 x 1292	2800	1750	5400	2700	1900	800	9800	2000
	18	1350		1000	1200 x 2200	1300 x 2407	2000	2700	6300	3400	2100	900	12500	2500
	21	1600		1000	1300 x 2300	1400 x 2507	2200	2800	7700	4300	2500	1100	13900	3000
	23	1750		1100	1400 x 2400	1500 x 2607	2300	2900	7900	4600	2600	1200	15200	3200
	26	2000		1200	1500 x 2400	1600 x 2607	2400	2900	8600	4300	2900	1300	16700	2800
1.75	33	2500		1200	1500 x 2700	1600 x 2907	2400	3200	9100	4700	3100	1300	19800	3300
	12	900		1300	1800 x 2700	1900 x 2907	2900	3200	10300	5200	3300	1600	24000	3700
	13	1000		900	1300 x 1600	1400 x 1807	2200	2250	5900	3700	1800	900	11200	2300
	15	1150		900	1300 x 1750	1400 x 1957	2200	2450	6100	3900	2200	900	11800	2500
	18	1350		1000	1200 x 2200	1300 x 2407	2100	2700	6600	4200	2300	900	14200	2700
	21	1600		1000	1300 x 2300	1400 x 2507	2200	2800	8200	4600	2600	1200	16500	3100
2.0	12	900		1200	1400 x 2400	1500 x 2607	2300	2900	8300	4900	2700	1200	17800	3300
	13	1000		900	1300 x 1600	1400 x 1807	2200	2250	5900	3700	1800	900	11200	2300
	15	1150		900	1300 x 1750	1400 x 1957	2200	2450	6100	3900	2200	900	11800	2500
	18	1350		1000	1200 x 2200	1300 x 2407	2100	2700	6600	4200	2300	900	14200	2700
2.5	21	1600		1000	1300 x 2300	1400 x 2507	2200	2800	8200	4600	2600	1200	16500	3100
	12	900		1200	1400 x 2400	1500 x 2607	2300	2900	8300	4900	2700	1200	17800	3300

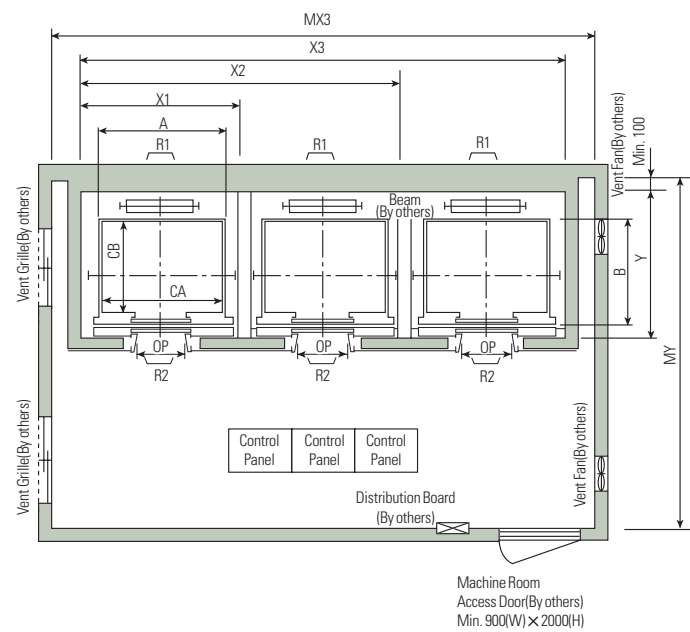
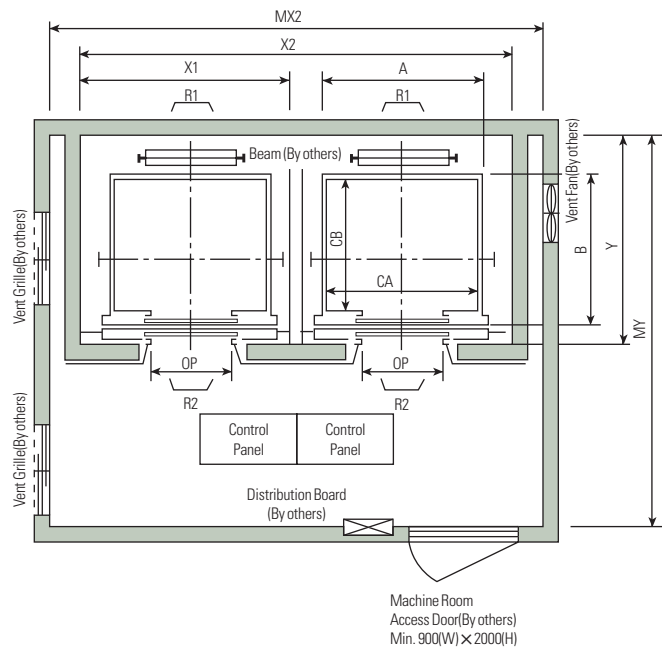
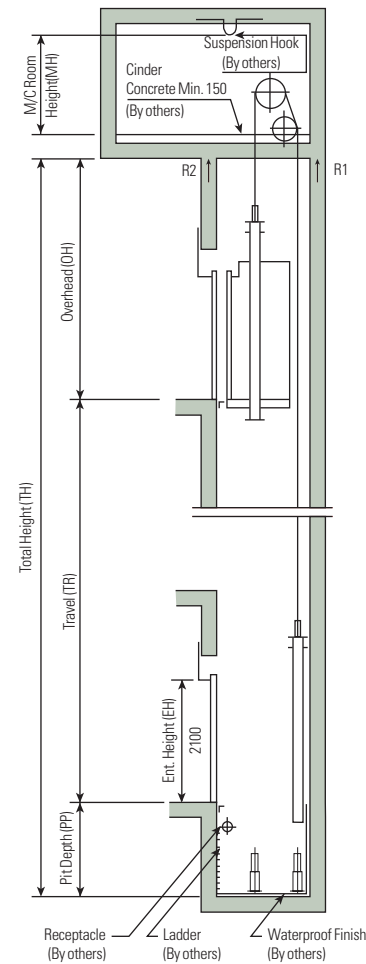
Layout Plan – Geared Elevators 1~1.75m/sec

Plan of Hoistway & Machine Room



**Note:** Machine room temperature should be maintained below 40°C with ventilating fan and/or air conditioner(if necessary) and humidity below 90%.

Section of Hoistway



Standard Dimensions & Reactions

(Unit : mm)

Speed (m/sec)	Capacity		Clear Opening	Car		Hoistway				M/C Room				M/C Room Reaction (kg)		Pit Reaction (kg)	
	Persons	kg		Internal CA × CB	External A × B	1Car X1	2Cars X2	3Cars X3	Depth Y	1Car MX1	2Cars MX2	3Cars MX3	Depth MY	R1	R2	R3	R4
1.0	6	450	800	1400 × 850	1460 × 1005	1800	3700	5600	1430	2000	4000	6000	3200	3600	2000	5200	4300
	8	550	800	1400 × 1030	1460 × 1185	1800	3700	5600	1610	2000	4000	6000	3400	4050	2250	5800	4700
	9	600	800	1400 × 1100	1460 × 1285	1800	3700	5600	1710	2000	4000	6000	3500	4100	2450	6100	4900
	10	700	800	1400 × 1250	1460 × 1405	1800	3700	5600	1830	2000	4000	6000	3600	4200	2700	6600	5200
	11	750	800	1400 × 1350	1460 × 1505	1800	3700	5600	1930	2000	4000	6000	3700	4550	2800	6900	5400
1.5	13	900	900	1600 × 1350	1660 × 1505	2050	4200	6350	1980	2300	4400	6800	3750	5100	3750	7900	6100
	15	1000	900	1600 × 1500	1660 × 1655	2050	4200	6350	2130	2300	4400	6800	3850	5450	4300	8400	6400
1.75	17	1150	1000	1800 × 1500	1900 × 1670	2350	4800	7250	2180	2600	4900	7500	3900	6600	5100	10800	8500
			1100	2000 × 1350	2100 × 1520	2550	5200	7850	2030	2800	5250	8300	3800				
	20	1350	1000	1800 × 1700	1900 × 1870	2350	4800	7250	2380	2600	4900	7500	4200	7800	6000	11800	9100
			1100	2000 × 1500	2100 × 1670	2550	5200	7850	2180	2800	5250	8300	4000				
1.75	24	1600	1100	2000 × 1750	2100 × 1920	2550	5200	7850	2430	2900	5400	8300	4300	8500	6800	13100	9900
				2150 × 1600	2250 × 1770	2700	5500	8300	2280	3000	5650	8700	4200				

- Notes :** 1. Above hoistway dimensions are based on 15-storied buildings. For application to over 16-storied buildings, the hoistway dimensions shall be at least 5% larger considering the sloping of the hoistways.  
2. Above dimensions are based on center opening doors. For applicable dimensions with side opening doors, consult Hyundai.  
3. When non-standard capacities and dimensions are required to meet the local code, consult Hyundai.  
4. The capacity in persons is calculated at 65kg/person. (EN81=75kg/person)

(Unit : mm)

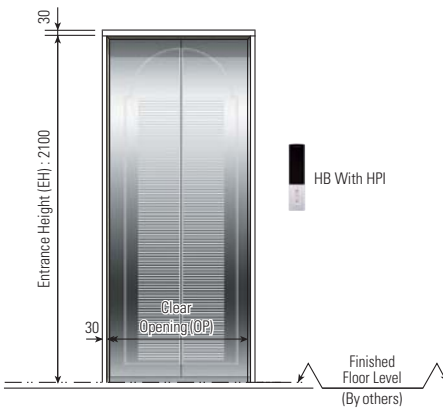
Speed (m/sec)	Overhead (OH)	Pit (PP)	M/C Room Height (MH)
1.0	4200	1400	2200
1.5	4400	1600	2400
1.75	4600	1800	2400

- Notes :** 1. The minimum hoistway dimensions are shown on the above table. Therefore, some allowances should be made considering the sloping of the hoistways.  
2. Machine room temperature should be maintained below 40°C with ventilating fan and/or air conditioner (if necessary) and humidity below 90%.  
3. The minimum machine room height should be 2800mm in case of the traction machine with double isolation pad.

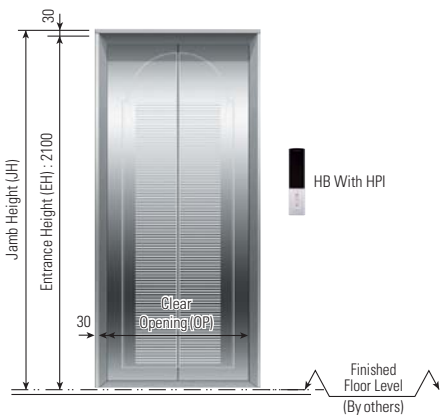
# Typical Entrance Layouts

# Typical Entrance Layouts – Only for Floor with Control Panel of the Machine-Room-Less Elevators

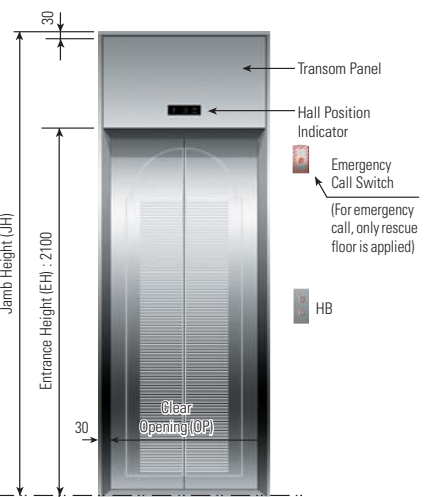
## Entrance



JP050 Type (Standard)

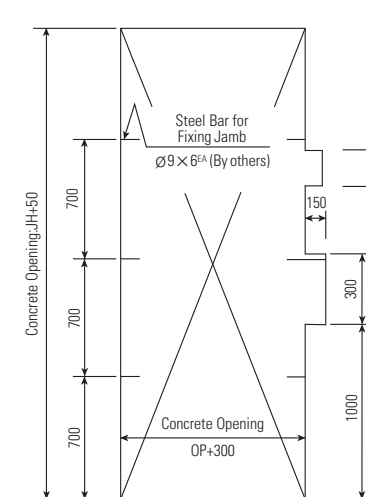
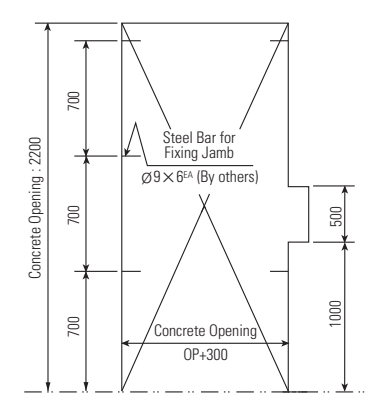
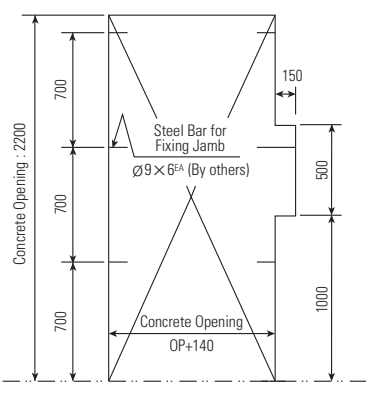


JP100 Type (Optional)

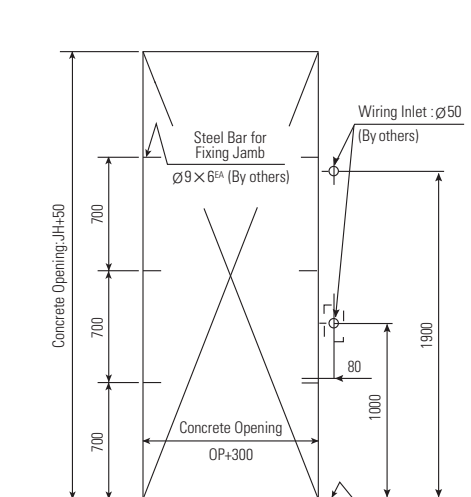
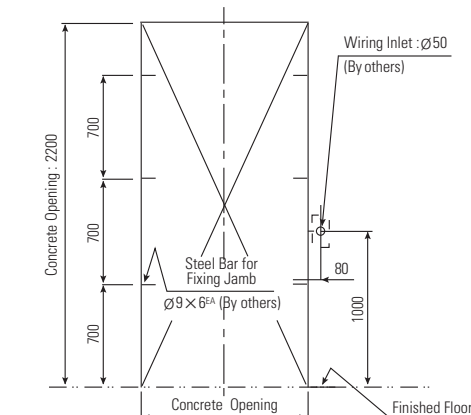
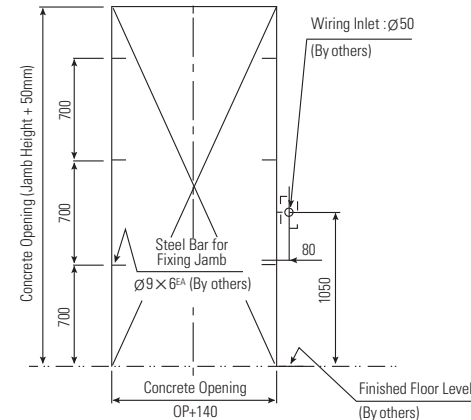


JP200 Type (Optional)

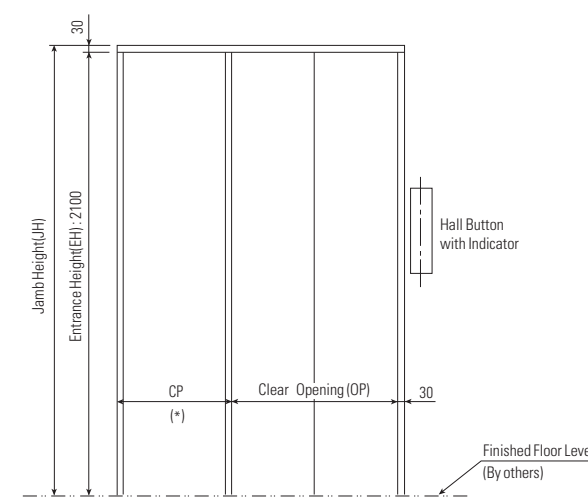
## Structural Opening of Entrance



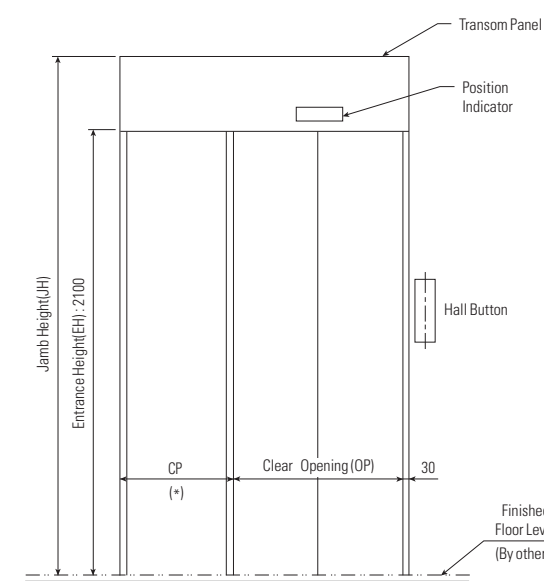
## In case of Boxless Type Buttons and Fire man's Switch



## Entrance Design

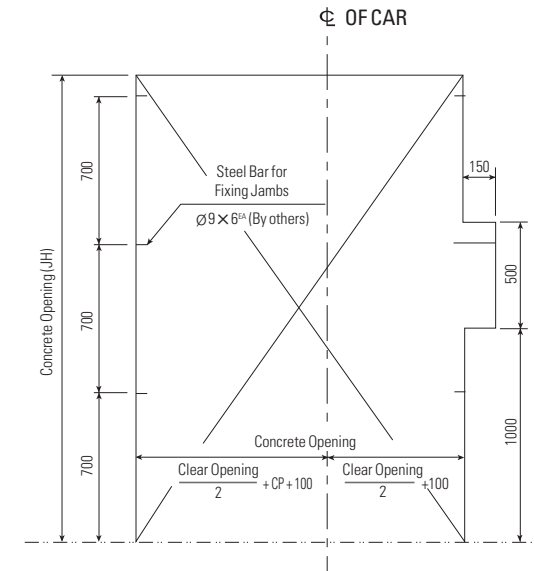


CP110 Type (Standard)

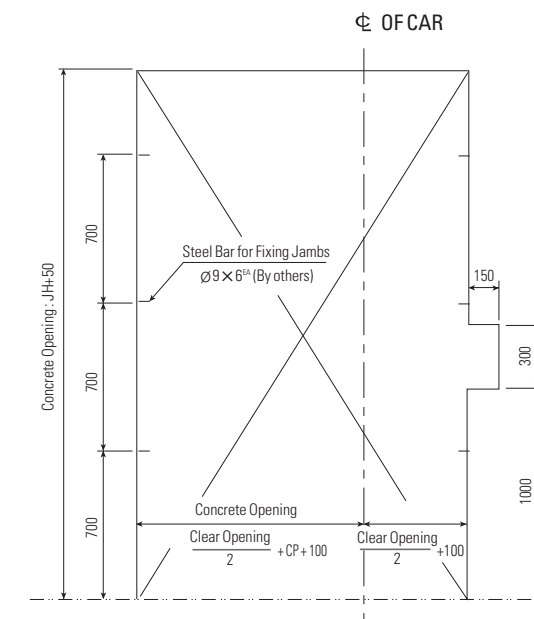


CP210 Type (Optional)

## Structural Opening of Entrance



CP110 Type (Standard)



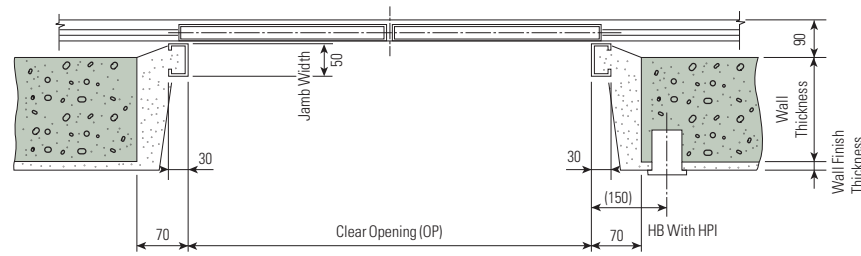
CP210 Type (Optional)

(Unit: mm)

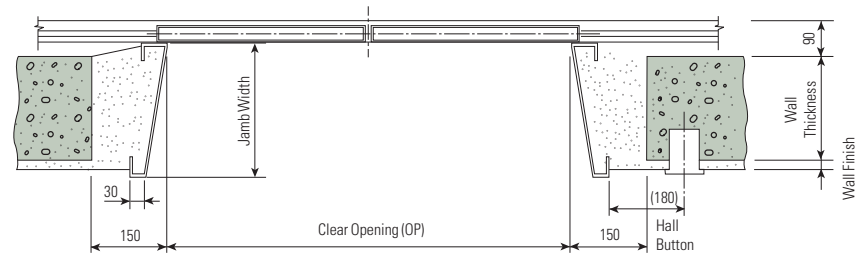
Persons	Speed (m/sec)	Width of Control Panel (CP)(*)
8~17	Under 1.75	530
20, 24	1.0	530
	1.5	630
	1.75	630

## Typical Entrance Layouts – 2-Panel Center-Opening Doors (CO)

### Plan of Entrance

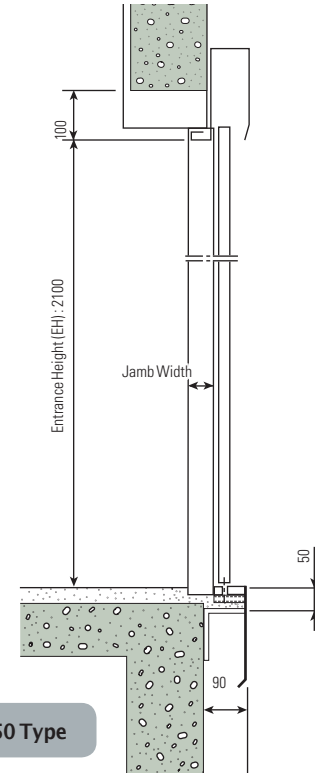


JP050 Type

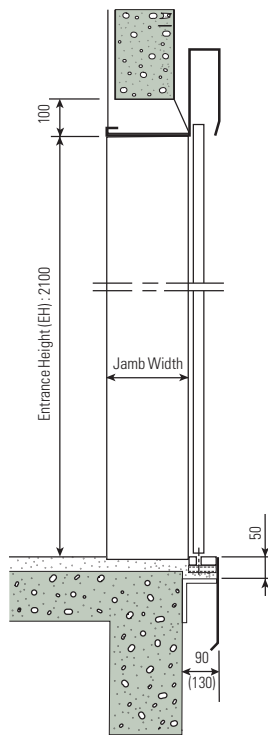


JP100, JP200 Type

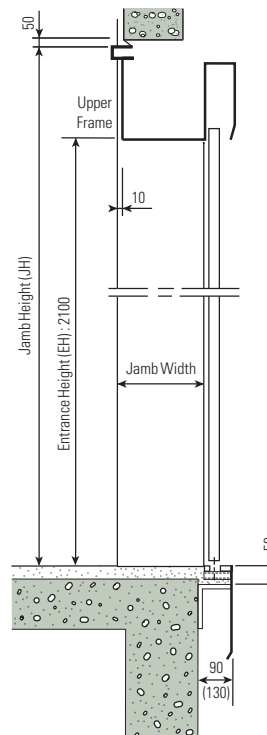
### Section Entrance



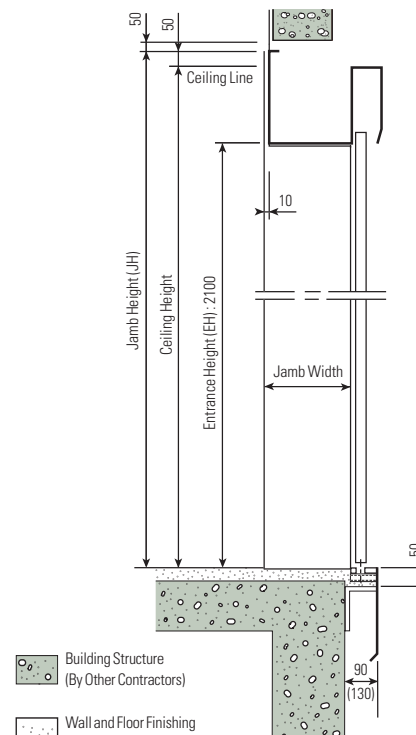
JP050 Type



JP100 Type



JP200 Type  
(with upper frame)



JP200 Type  
(without upper frame)

Building Structure  
(By Other Contractors)

Wall and Floor Finishing  
(By Other Contractors)

## Works To Be Done By Other Contractors

The following works are not included in the elevator contract, and shall be done by other contractors in accordance with the Hyundai Elevator's drawings and the applicable codes and regulations.

### Building Work

#### Hoistway

1. Clear, plumb hoistway with fire resistant hatch walls as required by the applicable code. (Rule 100.1a)
2. 75° bevel guards on all projections, recesses, or setbacks over 50mm except on side used for loading or unloading. (Rule 100.6)
3. Venting of the hoistway as required by the applicable code or responsible authority. (Rule 100.4)
4. Supports for rail brackets at each floor, roof, and machine room. (Rule 200.9)  
Maximum allowable vertical spacing of rail supports without backing. (Rule 200.4 and 301.1) Divider beams 100mm between hoistway at each floor and roof, for guide rail bracket supports. (Rule 200.4, 200.9 and 301.1)
5. Recesses supports and patching as required to accommodate hall button boxes, signal fixtures, etc.
6. All barricades either outside elevator hoistways or between inside hoistways as required.
7. Dry pit reinforced to sustain normal vertical forces from rails and buffers. (Rule 106.1b and 109) Consult Hyundai Elevator Company for rail forces and buffer impacts. Where there is space below the pit floor that can be occupied, consult Hyundai Elevator Company for special requirements. (Rule 300.4) Cylinder hole, casings under the pit as required, and backfilling around the cylinder casings when direct plunger type is to be installed.
8. Where access to the pit is by means of the lowest hoistway entrance, vertical iron ladder extending 1060mm minimum above sill of access door. (Rule 106.1d)
9. Entrance walls and finished floor are not to be constructed until after door frames and sills are in place. Door frames are to be anchored to walls and properly grouted in place to maintain legal fire rating.
10. For application as indoor or outdoor observation elevator, a glass enclosure of at least 3.6m in height at the bottom landing is recommended for safety. For use as an outdoor observation elevator, a full-height glass enclosure is required.

#### Machine Room

11. Enclosed and protected machine room. (Rule 101.1)
12. Access to the machine room and machinery space as required by the applicable code or responsible authority. (Rule 101.3)
13. Reinforced concrete machine room floor slab or grating, as specified, which must not be placed over the hoistway until elevator machinery is set in position. (Rule 100.3 for Traction Elevator)  
Clear access above ceiling or trench in floor, for oil line and wiring duct from machine room, if machine room is remote from elevator hoistway. (For Hydraulic Elevator) Cutout through machine room wall, for oil line and wiring duct as required by Hyundai Elevator's shop drawings. (For Hydraulic Elevator)
14. Hoisting beams, trap doors, and other means of access to machine room for maintenance and equipment removal purposes. (Rule 101.3d)
15. Cable guards in the machine room or secondary level. (Rule 104.1)
16. Supports for machine and sheave beams and reactions including wall pockets and patching after beams are set in place. (Rule 105.1 to 105.5)

### Electrical Work

#### Hoistway

1. Light outlet for each elevator, in center of hoistway (or in machine room) as indicated by Hyundai Elevator Company.
2. Convenience outlet and light fixture in pit with switch located adjacent to the access door. (Rule 106.1e)
3. Wiring and piping work of emergency bell, interphone, etc. Outside the hoistway and the machine room.

#### Machine Room

4. Lighting, convenience outlets, ventilation, heating of machine room, and machinery space. (Rule 101.5)
5. Temperature should be maintained below 40° by a ventilating fan and/or air conditioner, if necessary, and humidity below 90%.
6. A fused disconnect switch or circuit breaker for each elevator and light switch located per the applicable code and where practicable located adjacent to the door of the machine room. (Rule 210.5 and 306.7)
7. Feeder and branch wiring to the controller, including main-line switch and convenience outlets.
8. Suitable power feeder and branch wiring circuits as required for elevators with power-operated doors, including disconnect switch or circuit breaker.

#### Emergency Provisions

9. Elevator fireman's and other emergency services wiring and interconnections to automatic sprinkler systems or heat and smoke sensing devices furnished by others and installed to terminal points on the elevator controllers.
10. When emergency power operation of elevators is required, the electrical contractor should coordinate with Hyundai Elevator Company or local distributor for operation requirements.
11. Elevator fireman's and other emergency service requirements may differ from each country. Consult Hyundai Elevator Company or local distributor for other local requirements.
12. When provisions for earthquake protection are required, consult Hyundai Elevator Company for special requirements.

### Heat Emission of Machine Room

$$Q(\text{Kcal/H}) = W \times V \times F \times N$$

W: Capacity (kg)      V: Speed (m/sec)

F: Factor (1/40: VVVF)      N: Number of cars

Note: The dimension in ( ) is applied for 2m/sec and over.

Electric Power Requirements (By others)

VVVF (50/60Hz, 380V)

Persons (kg)	Speed (m/sec)	Motor (kW)	MCCB (A)		Power (KVA)		Cable (mm <sup>2</sup> )		Earth (mm <sup>2</sup> )	
			1Car	2Cars	1Car	2Cars	1Car	2Cars	1Car	2Cars
6/450	1	5.5 [2.8]	20 [20]	30 [20]	4 [3]	7 [5]	4 [4]	6 [4]	4 [6]	4 [6]
	1.5	7.5 [4.2]	20 [20]	30 [40]	6 [4]	10 [8]	4 [4]	6 [10]	4 [6]	6 [6]
	1.75	7.5 [4.9]	20 [20]	40 [40]	7 [5]	12 [9]	4 [4]	10 [10]	4 [6]	6 [6]
8/550	1	5.5 [3.4]	20 [20]	30 [20]	5 [4]	9 [6]	4 [4]	6 [4]	4 [6]	4 [6]
	1.5	7.5 [5.1]	20 [20]	30 [40]	7 [5]	13 [10]	4 [4]	6 [10]	4 [6]	4 [6]
	1.75	11 [5.9]	30 [20]	50 [40]	8 [6]	15 [11]	6 [4]	16 [10]	4 [6]	6 [6]
9/600	1	5.5 [3.7]	20 [20]	30 [30]	5 [4]	9 [7]	4 [4]	6 [6]	4 [6]	4 [6]
	1.5	11 [5.6]	30 [20]	50 [40]	8 [6]	14 [11]	6 [4]	16 [10]	4 [6]	6 [10]
	1.75	11 [6.5]	30 [20]	50 [40]	9 [7]	16 [12]	6 [4]	16 [10]	4 [6]	6 [10]
10/700	1	7.5 [4.3]	20 [20]	40 [30]	6 [5]	11 [8]	4 [4]	10 [6]	4 [6]	6 [6]
	1.5	11 [6.5]	30 [20]	50 [40]	9 [7]	16 [12]	6 [4]	16 [10]	4 [6]	6 [6]
	1.75	11 [7.6]	30 [20]	60 [40]	11 [9]	19 [14]	6 [4]	16 [10]	4 [6]	10 [6]
11/750	1	7.5 [4.6]	20 [20]	40 [30]	6 [5]	12 [9]	4 [4]	10 [6]	4 [6]	6 [6]
	1.5	11 [6.9]	30 [20]	50 [40]	10 [7]	17 [13]	6 [4]	16 [10]	4 [6]	6 [10]
	1.75	11 [8.1]	30 [30]	60 [50]	11 [9]	20 [15]	10 [6]	16 [16]	4 [6]	10 [10]
	2	[9.2]	[30]	[50]	[10]	[18]	[6]	[16]	[6]	[10]
13/900	1	11 [5.6]	30 [20]	50 [30]	8 [6]	14 [11]	6 [4]	10 [6]	4 [6]	6 [6]
	1.5	15 [8.3]	40 [30]	60 [50]	12 [9]	21 [16]	10 [6]	16 [16]	6 [6]	10 [10]
	1.75	15 [9.7]	40 [30]	75 [50]	14 [10]	24 [18]	10 [6]	25 [16]	6 [6]	10 [10]
	2	[11.1]	[30]	[60]	[12]	[21]	[6]	[16]	[6]	[10]
	2.5	[13.8]	[50]	[100]	[15]	[28]	[10]	[25]	[6]	[16]
15/1000	1	11 [6.2]	30 [20]	50 [40]	9 [7]	15 [12]	6 [4]	16 [10]	4 [6]	6 [10]
	1.5	15 [9.2]	40 [30]	75 [50]	13 [10]	23 [18]	10 [6]	25 [16]	6 [6]	10 [10]
	1.75	15 [10.8]	40 [30]	75 [60]	15 [11]	27 [20]	10 [6]	25 [16]	6 [6]	10 [10]
	2	[12.3]	[40]	[75]	[13]	[23]	[10]	[25]	[6]	[16]
	2.5	[15.4]	[50]	[100]	[17]	[31]	[10]	[25]	[6]	[16]
17/1150	1	11 [7.1]	30 [20]	50 [40]	10 [8]	18 [13]	6 [4]	16 [10]	4 [6]	6 [10]
	1.5	15 [10.6]	40 [30]	75 [60]	15 [11]	27 [20]	10 [6]	25 [16]	6 [6]	10 [10]
	1.75	18.5 [12.4]	50 [30]	100 [60]	17 [13]	31 [23]	16 [6]	35 [16]	6 [6]	10 [16]
	2	[14.1]	[40]	[75]	[15]	[27]	[10]	[25]	[6]	[16]
	2.5	[17.7]	[60]	[100]	[20]	[35]	[10]	[25]	[6]	[16]
20/1350	1	15 [8.3]	30 [20]	60 [40]	12 [9]	21 [16]	10 [4]	16 [10]	6 [6]	6 [6]
	1.5	18.5 [12.5]	50 [40]	100 [75]	17 [13]	31 [24]	16 [10]	25 [25]	6 [6]	10 [10]
	1.75	22 [14.5]	50 [40]	100 [75]	20 [15]	37 [28]	16 [10]	35 [25]	6 [6]	10 [10]
	2	[16.6]	[40]	[100]	[17]	[31]	[10]	[25]	[6]	[10]
	2.5	[20.7]	[75]	[125]	[23]	[41]	[16]	[35]	[10]	[25]
24/1600	1	15 [9.9]	40 [30]	75 [50]	14 [10]	25 [19]	10 [6]	25 [16]	6 [6]	10 [6]
	1.5	22 [14.8]	50 [50]	100 [75]	21 [16]	37 [28]	16 [10]	35 [25]	6 [6]	10 [10]
	1.75	22 [17.2]	60 [50]	125 [100]	24 [18]	43 [33]	16 [16]	35 [25]	10 [6]	16 [10]
	2	[19.7]	[50]	[100]	[21]	[37]	[16]	[25]	[6]	[10]
	2.5	[24.5]	[75]	[150]	[27]	[49]	[16]	[50]	[10]	[35]

**Notes :** 1. Above power feeder sizes are for the length of electric wire up to 50m from elevator machine room to power.  
For the length being 50m or more, the following formular should be applied.  
2. Above cable sizes are for copper wires inside electrometallic tubings.  
Cable sizes(mm²)=  $\frac{\text{Cable length(m)}}{50} \times \text{Size in the above(mm}^2\text{)}$

3. For power requirement of 3 cars or more, consult Hyundai.  
4. Machine room temperature should be maintained below 40°C with ventilating fan and air conditioner, and humidity below 90%.  
5. Data shown in ( ) is applied to the Machine-Room-Less elevators and gearless elevators.

VVVF (50/60Hz, 220V)

Persons (kg)	Speed (m/sec)	Motor (kW)	MCCB (A)		Power (KVA)		Cable (mm <sup>2</sup> )		Earth (mm <sup>2</sup> )	
			1Car	2Cars	1Car	2Cars	1Car	2Cars	1Car	2Cars
6/450	1	5.5 [2.8]	30 [20]	50 [40]	4.3 [3.3]	8 [6]	4 [4]	10 [6]	4 [4]	6 [6]
	1.5	7.5 [4.2]	30 [30]	60 [60]	6.4 [4.9]	12 [9]	6 [6]	16 [16]	4 [4]	10 [10]
	1.75	7.5 [4.9]	40 [30]	75 [60]	7.5 [5.7]	14 [10]	6 [6]	16 [16]	6 [4]	10 [10]
8/550	1	5.5 [3.4]	30 [20]	50 [40]	5.3 [4]	9 [7]	4 [4]	16 [6]	4 [4]	6 [6]
	1.5	7.5 [5.1]	40 [30]	75 [60]	7.9 [6]	14 [11]	6 [6]	25 [16]	6 [4]	10 [10]
	1.75	11 [5.9]	40 [30]	75 [60]	9.2 [7]	17 [13]	10 [6]	25 [16]	6 [4]	10 [10]
9/600	1	5.5 [3.7]	30 [20]	60 [40]	5.7 [4.4]	10 [8]	4 [4]	16 [10]	4 [4]	10 [6]
	1.5	11 [5.6]	40 [30]	75 [60]	8.6 [6.5]	15 [12]	10 [6]	25 [16]	6 [4]	10 [10]
	1.75	11 [6.5]	40 [30]	100 [60]	10 [7.6]	18 [14]	10 [6]	25 [16]	6 [6]	16 [10]
10/700	1	7.5 [4.3]	30 [20]	60 [40]	6.7 [5.1]	12 [9]	6 [4]	16 [10]	4 [4]	10 [6]
	1.5	11 [6.5]	40 [30]	100 [60]	10 [7.6]	18 [14]	10 [6]	25 [16]	6 [6]	16 [10]
	1.75	11 [7.6]	50 [40]	100 [75]	11.7 [8.8]	21 [16]	16 [6]	35 [25]	6 [6]	16 [10]
11/750	1	7.5 [4.6]	30 [30]	60 [50]	7.2 [5.4]	13 [10]	6 [4]	16 [10]	4 [4]	10 [6]
	1.5	11 [6.9]	50 [40]	100 [75]	10.7 [8.1]	19 [15]	10 [6]	35 [16]	6 [6]	16 [10]
	1.75	11 [8.1]	50 [40]	100 [75]	12.5 [9.5]	23 [17]	16 [10]	35 [25]	6 [6]	16 [10]
	2	[9.2]	[40]	[100]	[10.8]	[19]	[10]	[25]	[6]	[16]
13/900	1	11 [5.6]	40 [30]	75 [50]	8.6 [6.5]	15 [12]	10 [4]	25 [16]	6 [4]	10 [6]
	1.5	15 [8.3]	50 [40]	100 [75]	12.9 [9.7]	23 [18]	16 [10]	35 [25]	6 [6]	16 [10]
	1.75	15 [9.7]	60 [50]	125 [100]	15 [11.3]	27 [20]	16 [10]	50 [35]	10 [6]	25 [16]
	2	[11.1]	[50]	[100]	[13]	[23]	[16]	[35]	[6]	[16]
	2.5	[13.8]	[30]	[50]	[16.2]	[29]	[10]	[25]	[4]	[6]
15/1000	1	11 [6.2]	40 [30]	75 [60]	9.6 [7.2]	17 [13]	10 [6]	25 [16]	6 [4]	10 [10]
	1.5	15 [9.2]	60 [50]	125 [100]	14.3 [10.8]	26 [19]	16 [10]	35 [35]	10 [6]	25 [16]
	1.75	15 [10.8]	75 [50]	125 [100]	16.7 [12.6]	30 [23]	16 [16]	50 [35]	10 [6]	25 [16]
	2	[12.3]	[60]	[125]	[14.4]	[26]	[16]	[35]	[10]	[25]
	2.5	[15.4]	[30]	[50]	[18]	[32]	[16]	[35]	[4]	[6]
17/1150	1	11 [7.1]	50 [40]	100 [75]	11 [8.3]	20 [15]	10 [6]	35 [25]	6 [6]	16 [10]
	1.5	15 [10.6]	75 [50]	125 [100]	16.5 [12.4]	30 [22]	16 [10]	50 [25]	10 [6]	25 [16]
	1.75	18.5 [12.4]	75 [60]	150 [125]	19.2 [14.5]	35 [26]	25 [16]	70 [35]	10 [10]	25 [25]
	2	[14.1]	[70]	[150]	[16.5]	[30]	[25]	[50]	[10]	[25]
	2.5	[17.7]	[40]	[75]	[20.7]	[37]	[25]	[70]	[6]	[10]
20/1350	1	15 [8.3]	50 [40]	100 [75]	12.9 [9.7]	23 [18]	16 [10]	35 [25]	6 [6]	16 [10]
	1.5	18.5 [12.5]	75 [60]	150 [125]	19.3 [14.6]	35 [26]	25 [16]	70 [35]	10 [10]	25 [25]
	1.75	22 [14.5]	100 [60]	200 [125]	22.6 [17]	41 [31]	35 [16]	95 [35]	16 [10]	35 [25]
	2	[16.6]	[70]	[150]	[19.4]	[35]	[25]	[50]	[10]	[25]
	2.5	[20.7]	[50]	[100]	[24.2]	[44]	[25]	[95]	[6]	[16]
24/1600	1	15 [9.9]	60 [50]	125 [100]	15.3 [11.5]	28 [21]	16 [10]	50 [35]	10 [6]	25 [16]
	1.5	22 [14.8]	100 [70]	200 [125]	22.9 [17.3]	41 [31]	35 [16]	95 [35]	16 [10]	35 [25]
	1.75	22 [17.2]	100 [80]	200 [150]	26.8 [20.1]	48 [36]	35 [25]	95 [70]	16 [16]	35 [25]
	2	[19.7]	[80]	[175]	[23]	[41]	[35]	[95]	[16]	[35]
	2.5	[24.6]	[80]	[175]	[28.7]	[52]	[35]	[95]	[16]	[35]

**Notes :** 1. Above power feeder sizes are for the length of electric wire up to 50m from elevator machine room to power.  
For the length being 50m or more, the following formular should be applied.  
2. Above cable sizes are for copper wires inside electrometallic tubings.  
Cable sizes(mm²)=  $\frac{\text{Cable length(m)}}{50} \times \text{Size in the above(mm}^2\text{)}$

3. For power requirement of 3 cars or more, consult Hyundai.  
4. Machine room temperature should be maintained below 40°C with ventilating fan and air conditioner, and humidity below 90%.  
5. Data shown in ( ) is applied to the Machine-Room-Less elevators and gearless elevators.



## SPEKIFIKASI TEKNIK

### PELAT BETON BERONGGA

Lebar standar	: 1.200 mm
Lebar Spesial	: 600 mm
Tebal Plat	: 120, 150, 200
Panjang Plat	: Sesuai pesanan
Permukaan Atas	: Siap pasang keramik
Permukaan Bawah	: Beton ekspose
Mutu Beton	: K-450
Tulangan	: PC-Wire Ø 5 mm dan Ø 7 mm

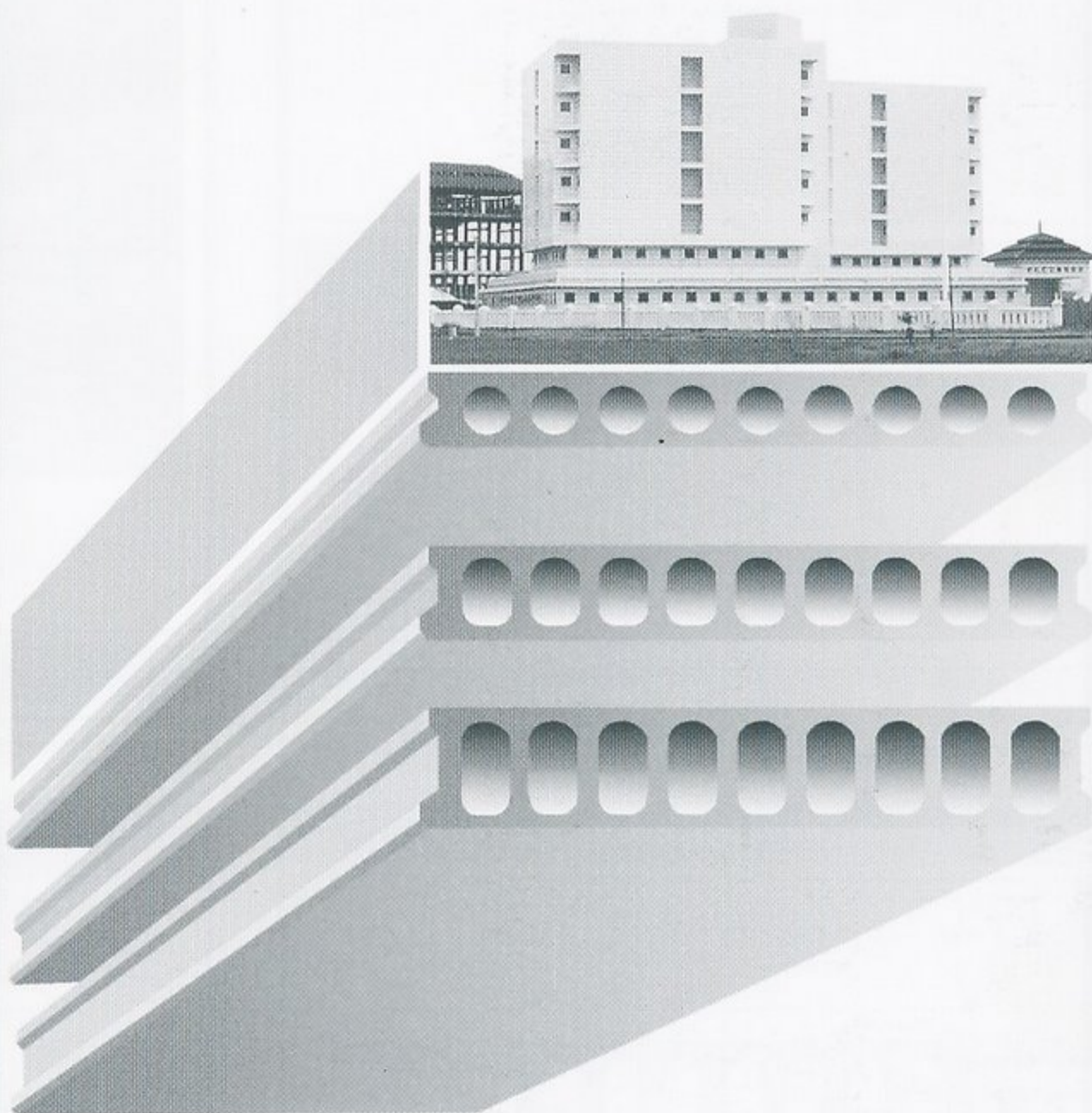
## PELAT BETON BERONGGA PRATEGANG (HCS) UNTUK LANTAI & ATAP BANGUNAN BERTINGKAT

### KEUNGGULAN

- Proses produksi secara komputerisasi untuk menjamin mutu beton.
- Proses penegangan dilakukan secara akurat menjamin gaya prategang yang disyaratkan.
- Pelat lantai berongga lebih ringan 29-42% daripada pelat lantai beton konvensional, sehingga beban rencana yang dapat dipikul meningkat.
- Lendutan pelat akibat pembebanan penuh sangat kecil, disebabkan lawan lendut dari gaya prategang.
- Waktu pemasangan singkat, mudah dan bebas dari struktur penyangga.
- Permukaan pelat bagian bawah tidak memerlukan finishing dapat berfungsi sebagai beton ekspose.
- "Precompression Effect" beton prategang memberikan ketahanan terhadap suhu tinggi dari pada beton konvensional.
- Rongga berfungsi sebagai isolasi suara dan meringankan beban terhadap struktur.



**PT. BETON ELEMENINDO PERKASA**



### PT. BETON ELEMENINDO PERKASA

#### HEAD OFFICE / FACTORY :

Jl. Raya Batujajar Km. 5 No. 56 Desa Giri Asih  
Batujajar Bandung 40561  
Phone : (+62) (22) 6866031 (Hunting)  
Fax : (+62) (22) 6866033  
E-mail : betonbd@bdg.centrin.net.id  
Website : <http://www.beton.co.id>

#### SHOW ROOM :

Intercon Plaza Blok F No. 5  
Jl. Meruya Ilir Raya Jakarta Barat 11630  
Phone : (+62) (21) 5867855 (Hunting)  
Fax : (+62) (21) 5495041  
E-mail : betonjt@centrin.net.id

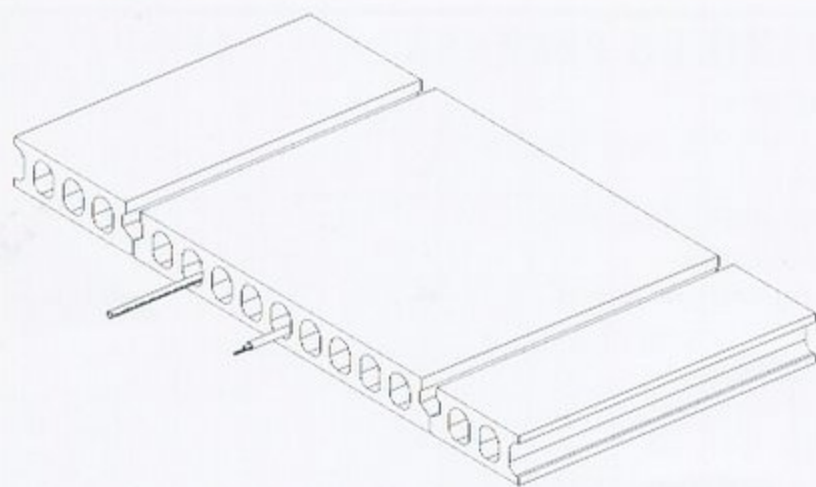
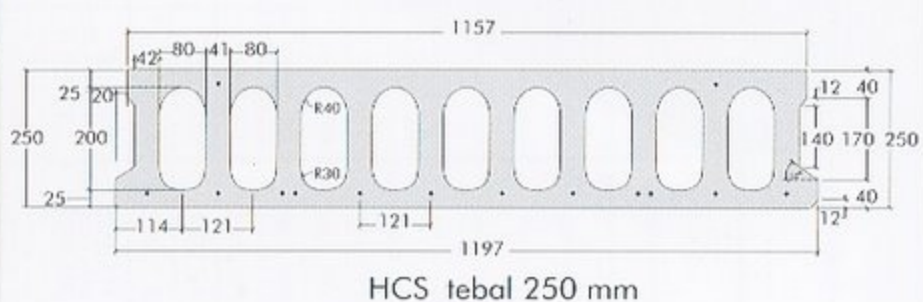
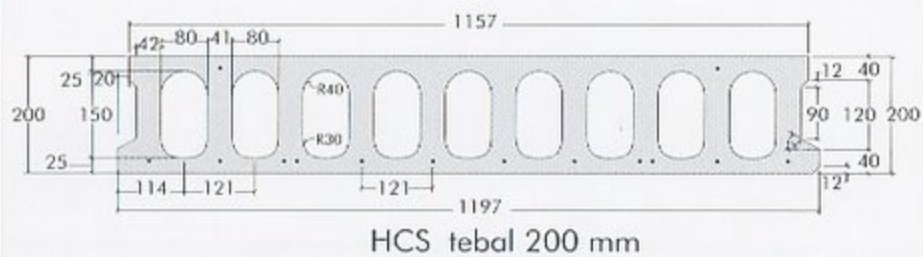
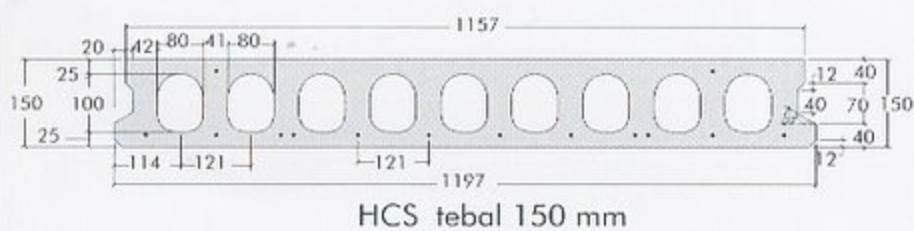
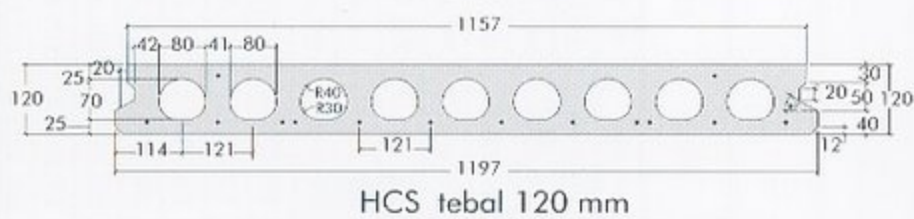




## SPEKIFIKASI KONSTRUKSI PEMASANGAN

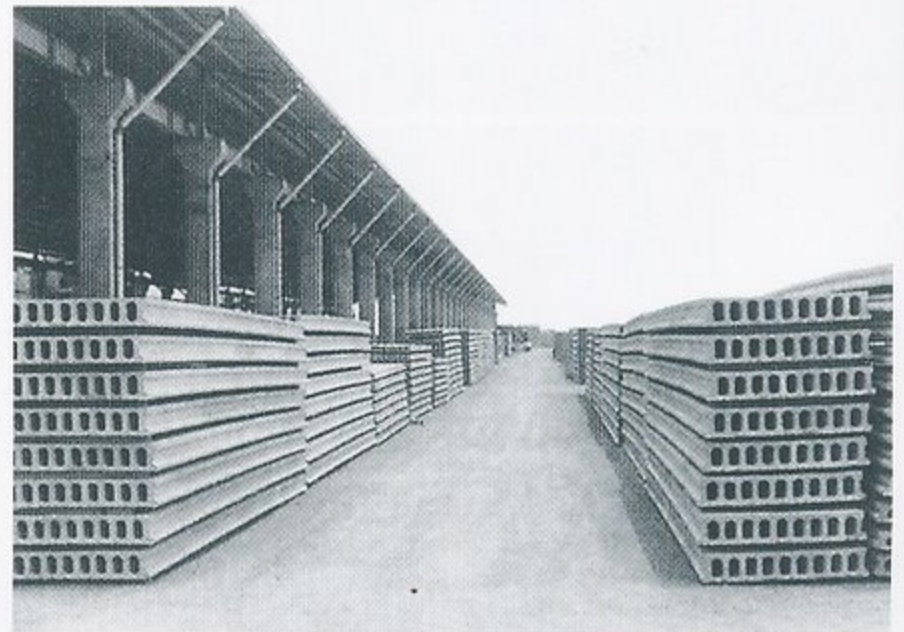
### PELAT BETON BERONGGA PRACETAK (HCS)

#### UKURAN DAN TIPE PELAT BETON BERONGGA

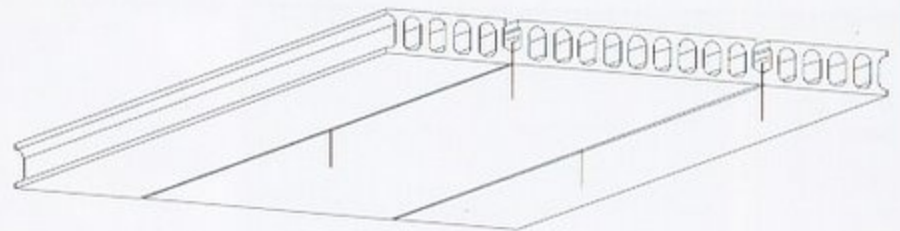


INSTALASI KABEL DAN  
PIPA DALAM RONGGA PLAT

#### PELAT BETON BERONGGA SELESAI DIPOTONG

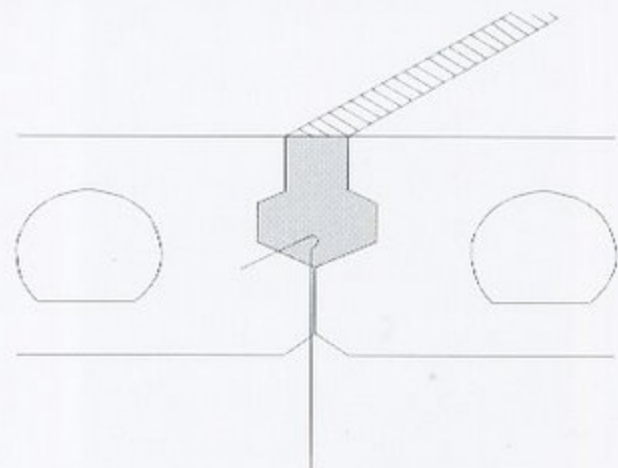


#### ALTERNATIF PENGGANTUNGAN PLAFOND



PENGGANTUNGAN PLAFON/DUCTING AC/  
DUCTING KABEL DIGANTUNG BUKAN  
PADA TULANGAN GESER LEKAT

#### PENGGANTUNGAN PLAFOND/DUCTING AC



TULANGAN GESERAN LEKAT

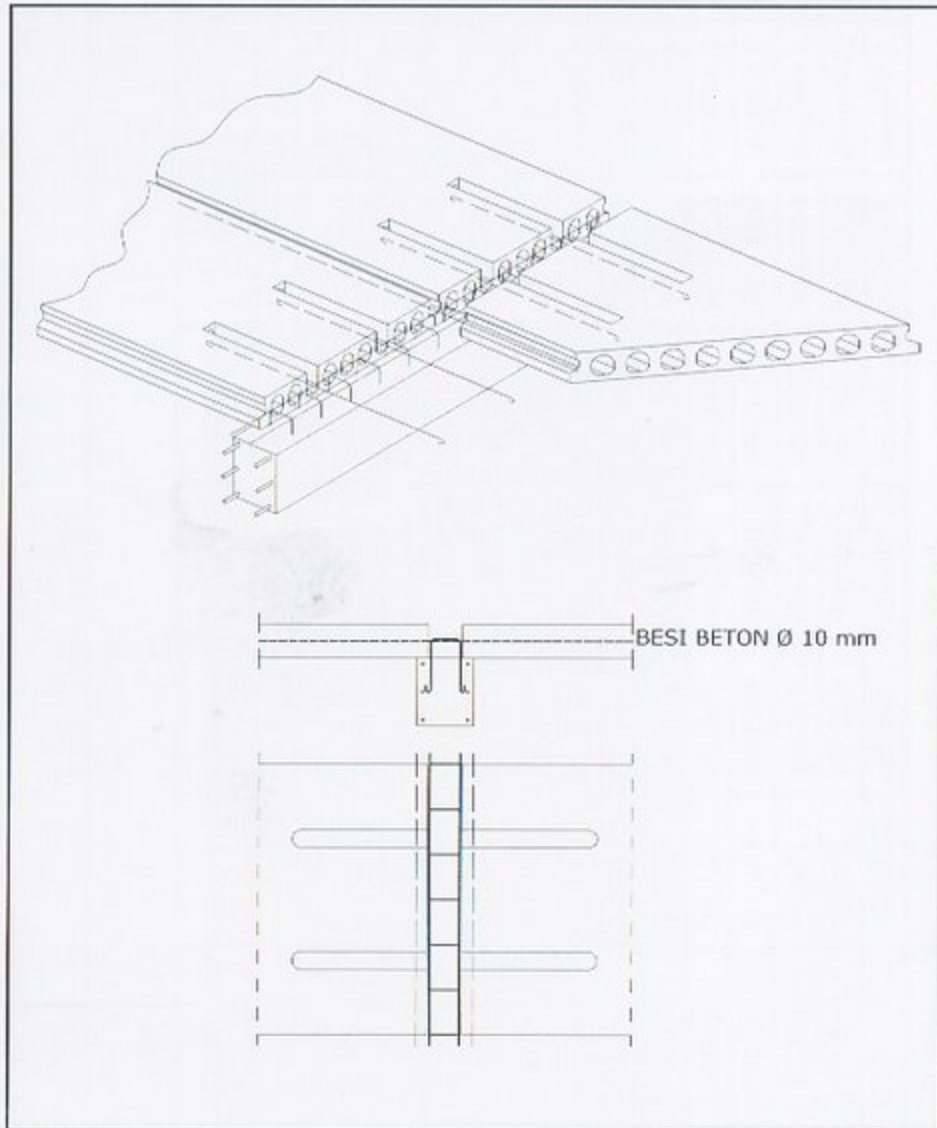




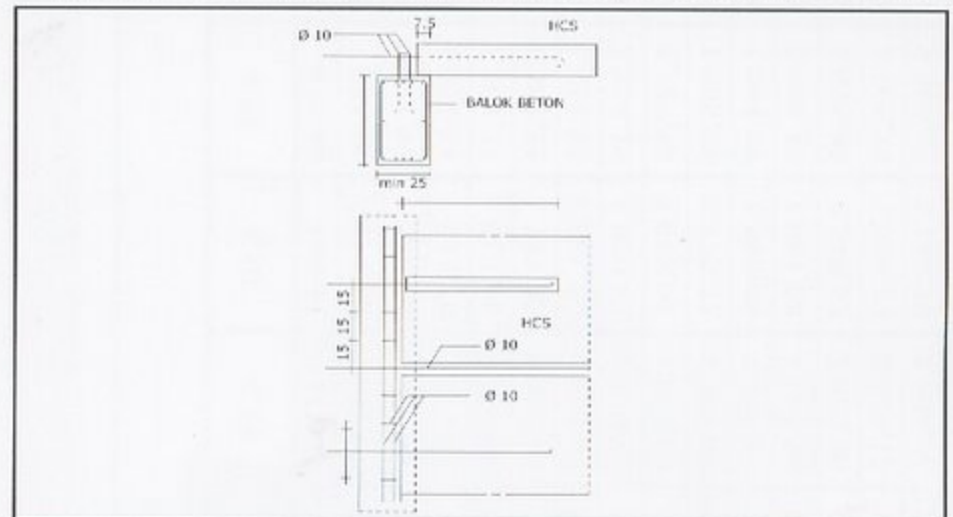
## SPESIFIKASI KONSTRUKSI PEMASANGAN

### PELAT BETON BERONGGA PRATEGANG PRACETAK (HCS)

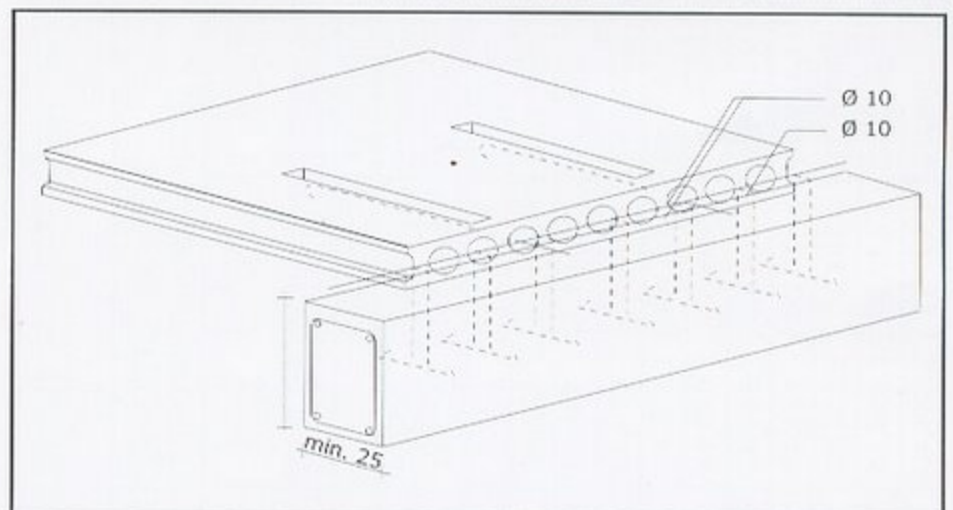
#### PERLETAKAN PADA RING BALOK BETON



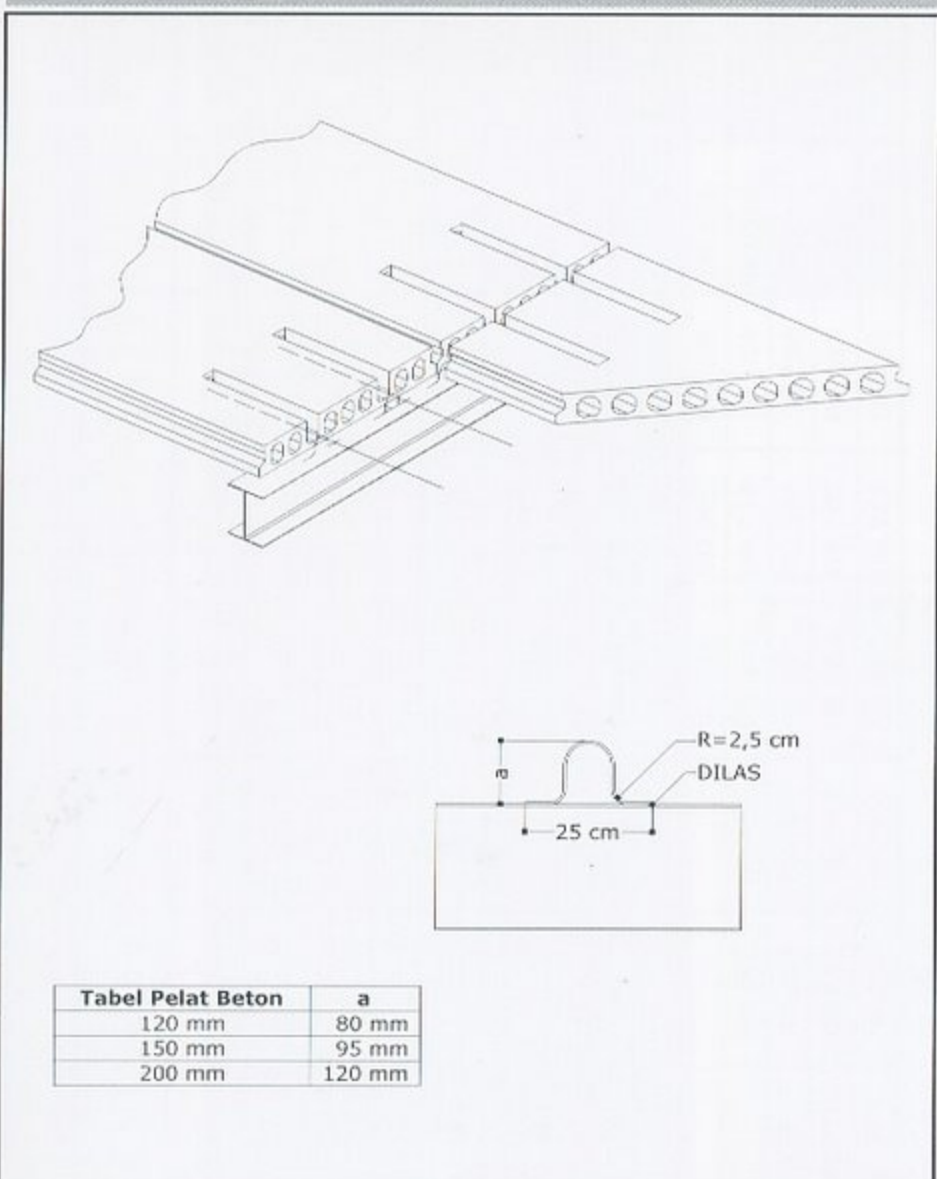
#### VARIAN 1



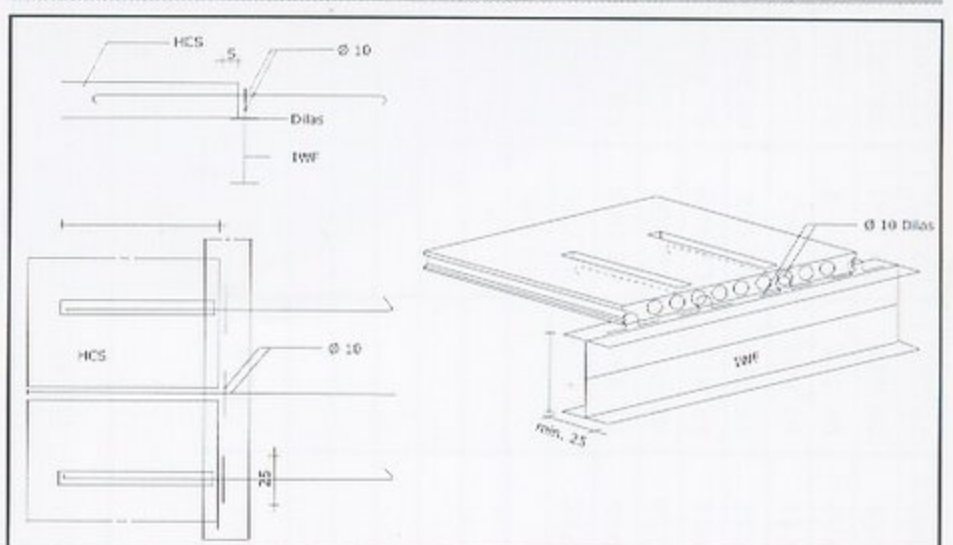
#### ISOMETRI



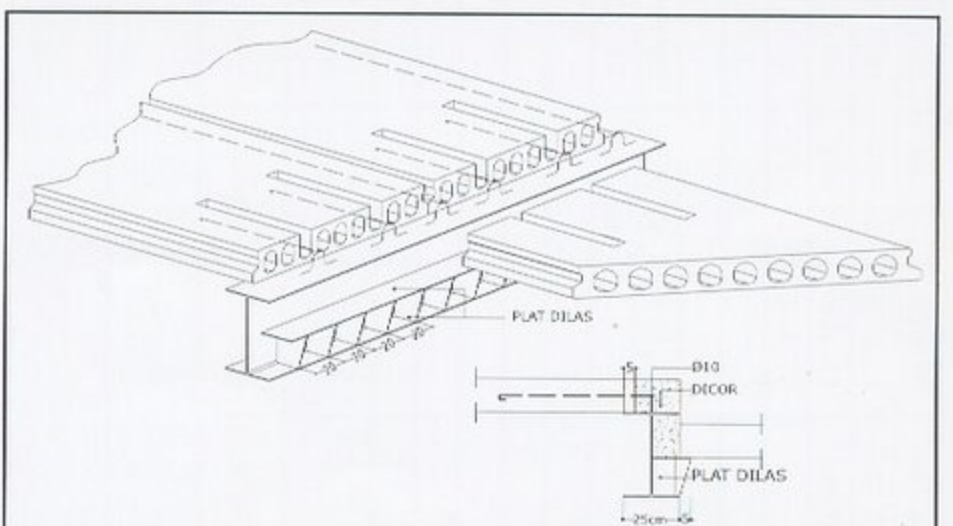
#### PERLETAKAN PADA RING BALOK PROFIL BAJA



#### VARIAN 1



#### ISOMETRI





LOAD CAPACITY OF HCS (Kg/m2)  
Without Topping

TIPE (t.d.n)		DAYA DUKUNG MAXIMAL (Kg/m2) (Netto, setelah dikurangi berat sendiri)															
Bentang (m)	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00	5,25	5,50	5,75	6,00	6,25	6,50	6,75	7,00	7,25	7,50	7,75	8,00
120.05.12	590,00	500,00	420,00	355,00	300,00	250,00											
120.05.14	690,00	585,00	500,00	425,00	360,00	310,00	260,00										
120.05.16	790,00	675,00	575,00	495,00	425,00	365,00	315,00	270,00									
150.05.12	905,00	775,00	665,00	570,00	490,00	425,00	365,00	310,00	265,00								
150.05.14	1.040,00	895,00	770,00	670,00	580,00	500,00	435,00	375,00	325,00	280,00							
150.05.16	1.180,00	1.015,00	880,00	765,00	665,00	580,00	510,00	445,00	385,00	340,00	295,00						
150.07.12	1.530,00	1.330,00	1.160,00	1.015,00	890,00	785,00	695,00	615,00	545,00	480,00	425,00	380,00	335,00	295,00			
150.07.14	1.800,00	1.565,00	1.370,00	1.205,00	1.060,00	940,00	835,00	731,66	643,96	569,74	506,49	452,28	405,53	365,01			
150.07.16	2.065,00	1.800,00	1.526,43	1.297,88	1.112,77	961,25	836,04	731,66	643,96	569,74	506,49	452,28	405,53	365,01	329,71		
200.05.12	1.470,00	1.270,00	1.100,00	960,00	840,00	735,00	645,00	565,00	495,00	435,00	380,00	330,00	285,00				
200.05.14	1.670,00	1.445,00	1.255,00	1.100,00	965,00	850,00	745,00	660,00	580,00	515,00	455,00	400,00	350,00	310,00			
200.05.16	1.865,00	1.620,00	1.415,00	1.240,00	1.090,00	960,00	850,00	755,00	670,00	595,00	530,00	470,00	415,00	370,00	325,00	285,00	
200.07.12	2.370,00	2.065,00	1.810,00	1.595,00	1.415,00	1.255,00	1.120,00	1.000,00	895,00	800,00	720,00	645,00	580,00	520,00	470,00	420,00	375,00
200.07.14	2.755,00	2.410,00	2.120,00	1.870,00	1.660,00	1.480,00	1.325,00	1.185,00	1.065,00	960,00	865,00	780,00	705,00	640,00	580,00	525,00	475,00
200.07.16	3.145,00	2.750,00	2.425,00	2.145,00	1.910,00	1.705,00	1.525,00	1.375,00	1.235,00	1.120,00	1.010,00	915,00	835,00	755,00	690,00	625,00	570,00

t = tebal pelat (mm) ; d = diameter PC-WIRE (mm) ; n = jumlah PC-WIRE

LOAD CAPACITY OF HCS (Kg/m2)  
With Topping = 50,00 mm

TIPE (t.d.n)		DAYA DUKUNG MAXIMAL (Kg/m2) (Netto, setelah dikurangi berat sendiri)															
Bentang (m)	4,00	4,25	4,50	4,75	5,00	5,25	5,50	5,75	6,00	6,25	6,50	6,75	7,00	7,25	7,50	7,75	8,00
120.05.12	831,70	675,40	544,41	433,56	338,92	257,47											
120.05.14	999,10	823,68	676,68	522,27	446,05	354,64	275,41										
120.05.16	1.166,49	971,96	808,94	670,98	553,18	451,82	363,95	287,30									
150.05.12	1.220,89	1.022,24	855,78	714,90	594,61	491,10	401,38	323,11	254,41								
150.05.14	1.426,92	1.204,75	1.018,56	861,00	726,47	610,70	510,36	422,81	345,98	278,19							
150.05.16	1.632,95	1.387,25	1.181,35	1.007,10	858,33	730,30	619,33	522,52	437,55	362,57	296,08						
150.07.12	2.165,03	1.858,57	1.601,76	1.384,42	1.198,86	1.039,17	900,76	780,01	674,03	580,51	497,58	423,69	357,57				
150.07.14	2.568,84	2.216,28	1.920,83	1.670,78	1.457,30	1.273,59	1.114,35	975,43	853,50	745,92	650,50	565,50	489,43	421,10	359,49		
150.07.16	2.627,39	2.327,38	2.075,96	1.863,19	1.681,53	1.508,00	1.327,94	1.170,84	1.032,98	911,32	803,43	707,30	621,29	544,02	474,35	411,31	354,09
200.05.12	1.880,67	1.605,75	1.375,37	1.180,40	1.013,93	870,67	746,51	638,18	543,11	459,22	384,82	318,53	259,22				
200.05.14	2.150,64	1.844,89	1.588,68	1.371,84	1.186,71	1.027,39	889,30	768,82	663,09	569,79	487,05	413,33	347,37	288,11			
200.05.16	2.420,60	2.084,30	1.081,98	1.563,28	1.359,49	1.184,10	1.032,09	899,47	783,03	680,37	589,29	508,14	435,52	370,29	311,47	258,25	
200.07.12	3.112,45	2.696,88	2.348,63	2.053,90	1.802,27	1.585,72	1.398,02	1.234,28	1.090,56	963,75	851,29	751,09	661,43	580,89	508,26	442,55	382,91
200.07.14	3.641,58	3.165,59	2.766,71	2.429,13	2.140,91	1.892,88	1.677,90	1.490,34	1.325,73	1.180,48	1.051,67	936,90	834,21	741,95	658,77	583,51	515,19
200.07.16	4.053,03	3.590,23	3.184,79	2.804,36	2.479,56	2.200,04	1.957,77	1.746,40	1.560,90	1.397,22	1.252,05	1.122,71	1.006,99	903,02	809,28	724,46	647,47

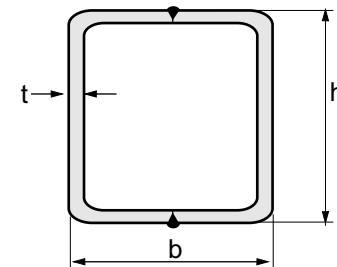
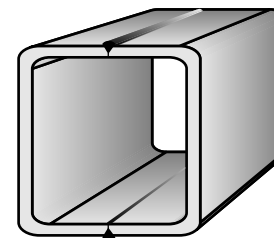
t = tebal pelat (mm) ; d = diameter PC-WIRE (mm) ; n = jumlah PC-WIRE





METRIC SIZE

DIMENSION	H	B	t	R	WEIGHT	AREA	MOMENT OF INERTIA	MOMENT OF RESISTANT	RADIUS OF GYRATION
							$I_x = I_y$	$Z_x = Z_y$	$i_x = i_y$
	mm	mm	mm	mm	kg/m	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm
180	180	6.30	18	33.56	42.41	2,095.65	232.85	7.03	
180	180	8.00	18	41.92	52.84	2,545.86	282.87	6.94	
180	180	10.00	18	51.36	64.57	3,016.80	335.20	6.84	
220	220	6.30	18	41.48	52.49	3,939.93	358.18	8.66	
220	220	8.00	18	51.96	65.64	4,828.01	438.91	8.58	
220	220	10.00	18	63.92	80.57	5,782.46	525.68	8.47	
200	200	8.00	18	46.94	59.24	3,566.25	356.63	7.76	
200	200	9.00	18	52.34	66.67	3,990.00	399.00	7.73	
200	200	10.00	18	57.64	72.57	4,251.06	425.11	7.65	
200	200	12.00	18	67.92	86.53	4,980.00	498.00	7.59	
250	250	8.00	18	59.50	75.24	7,229.20	578.34	9.80	
250	250	9.00	18	66.48	84.67	8,090.00	647.00	9.78	
250	250	10.00	18	73.34	92.57	8,706.67	696.53	9.70	
250	250	12.00	18	86.76	110.50	10,300.00	820.00	9.63	
250	250	16.00	45	112.38	138.80	12,000.00	964.00	9.32	
260	260	6.30	18	49.38	62.57	6,634.95	510.38	10.30	
260	260	8.00	18	62.00	78.44	8,178.02	629.08	10.21	
260	260	10.00	18	76.48	96.57	9,864.65	758.82	10.11	
260	260	11.00	18	83.56	105.41	10,656.87	819.76	10.06	
300	300	8.00	18	72.06	91.24	12,800.69	853.38	11.84	
300	300	9.00	18	80.60	102.70	14,300.00	956.00	11.80	
300	300	10.00	18	89.04	112.57	15,519.37	1,034.62	11.74	
300	300	12.00	18	105.60	134.50	18,300.00	1,220.00	11.70	
300	300	16.00	45	137.50	170.80	22,100.00	1,470.00	11.40	
350	350	9.00	18	94.74	120.70	23,200.00	1,320.00	13.90	
350	350	12.00	18	124.44	158.50	29,800.00	1,700.00	13.70	
350	350	16.00	45	162.62	202.80	36,500.00	2,090.00	13.40	
350	350	19.00	45	190.18	233.80	40,700.00	2,320.00	13.20	
400	400	12.00	18	143.28	180.10	44,300.00	2,220.00	15.70	
400	400	16.00	45	187.74	234.80	56,200.00	2,810.00	15.50	
400	400	19.00	45	220.02	271.80	63,100.00	3,160.00	15.20	
400	400	22.00	75	251.34	300.20	66,200.00	3,310.00	14.80	
400	400	25.00	75	281.74	346.00	76,500.00	3,830.00	14.90	
450	450	12.00	18	162.12	204.10	64,200.00	2,850.00	17.70	
450	450	16.00	45	212.86	266.80	81,800.00	3,640.00	17.50	
450	450	19.00	45	249.84	309.80	92,600.00	4,120.00	17.30	
450	450	22.00	75	285.88	344.20	98,500.00	4,380.00	16.90	
450	450	25.00	75	321.00	396.00	113,600.00	5,050.00	16.90	
500	500	12.00	18	180.96	228.10	89,300.00	3,570.00	19.80	
500	500	16.00	45	237.98	298.80	114,000.00	4,570.00	19.60	
500	500	19.00	45	279.68	347.80	130,000.00	5,200.00	19.30	
500	500	22.00	75	320.42	388.20	140,000.00	5,590.00	19.00	
500	500	25.00	75	360.24	446.00	160,900.00	6,440.00	19.00	
550	550	12.00	18	199.80	252.10	120,100.00	4,370.00	21.80	
550	550	16.00	45	263.10	330.80	154,500.00	5,620.00	21.60	
550	550	19.00	45	309.50	388.10	178,500.00	6,490.00	21.40	
550	550	22.00	75	354.96	443.90	200,800.00	7,300.00	21.30	
550	550	25.00	75	399.50	496.00	219,800.00	7,990.00	21.00	
600	600	12.00	18	218.64	276.10	157,300.00	5,240.00	23.80	
600	600	16.00	45	288.22	362.80	203,000.00	6,770.00	23.70	
600	600	19.00	45	339.34	426.10	235,100.00	7,840.00	23.50	
600	600	22.00	75	389.50	487.90	265,200.00	8,840.00	23.30	
600	600	25.00	75	438.74	546.00	291,400.00	9,710.00	23.10	
650	650	12.00	18	237.48	300.10	201,500.00	6,200.00	25.90	
650	650	16.00	45	313.34	394.80	260,800.00	8,020.00	25.70	
650	650	19.00	45	369.16	464.10	302,500.00	9,310.00	25.50	
650	650	22.00	75	424.04	531.90	342,100.00	10,520.00	25.40	
650	650	25.00	75	478.00	596.00	377,000.00	11,600.00	25.10	
700	700	12.00	18	256.32	324.10	253,300.00	7,240.00	28.00	
700	700	16.00	45	338.46	426.80	328,500.00	9,380.00	27.70	
700	700	19.00	45	399.00	502.10	381,800.00	10,910.00	27.60	
700	700	22.00	75	458.58	575.90	432,500.00	12,360.00	27.40	
700	700	25.00	75	517.24	646.00	477,900.00	13,650.00	27.20	



## CHEMICAL COMPOSITION

GRADE	C (%) Max	Mn (%)	Si (%)	P (%) Max	S (%) Max
SS 400	-	-	-	0.040	0.040
A 36	0.25	1.40	1.40	0.040	0.040
SM 490 A & B	0.20	1.60 Max	0.55Max	0.035	0.035
GR 50 A	0.23	1.60 Max	0.55Max	0.050	0.050

## MECHANICAL PROPERTIES

GRADE	Y.S (Mpa)			T.S (Mpa)	E (%)
	t ≤ 16 mm	16 mm ≤ t ≤ 40 mm	t ≤ 40 mm		
SS 400	245	235	215	400 - 510	21
A 36	250	250	250	400 - 550	20
SM 490 A & B	325	315	295	490 - 610	17
GR 50 A	355	345	340	490 - 640	18

## NOTE :

- Standard length 6 m and 12 m
- Thickness Max. 25 mm
- Other specification/standard size on request can also be supplied
- Size 100 x 100 S/d 1000 x 1000 mm

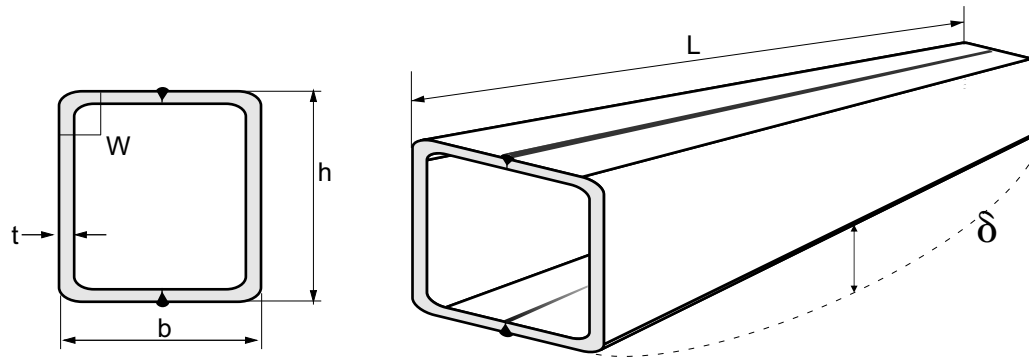
continue.....>>

## HEAD OFFICE & FACTORY

Jl. Imam Bonjol 4, Warung Bongkok,  
Sukadana, Cikarang Barat,  
Bekasi 17520, West Java, INDONESIA  
Forming Department  
Phone DID : (62-21) 898 38 291 - 296  
Phone Flexy : (021) 7085 3154 - 158  
Fax : (62-21) 898 38 298  
e-mail : pji01@grdsteel.com  
pji02@grdsteel.com



## SHAPED AND TOLERANCE



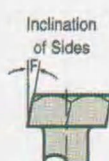
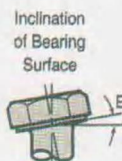
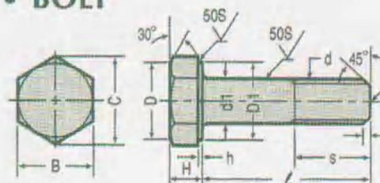
DESCRIPTION	TOLERANCE
Length (L)	- 0 + 50 mm
Cross-Section (B)	JIS G 3466
Delection ( $\delta$ )	1/1000 length max
Squareness (W)	$\pm 20$
Twisting	$\pm 4$ mm
Thickness	JIS G 3193

### Standard :

- Specification standard JIS & ASTM
- Material Standard SS 400, A36 & GR 50 A, B, C
- Bigger dimension will be produced, if there confirm before
- Semi Welding joint, partial penetration (AWS - D1.1 - 96 )

# 1. DIMENSION AND TOLERANCES

## BOLT

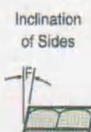
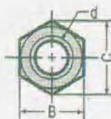
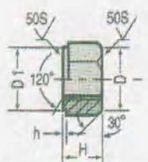


(Unit : mm)

(Bolt Marking)

Designation of Bolt (d)	d1		H		B		C	D	D1	r	k	a-b	E	F	h	S	
	Basic Dimension	Tolerance	Basic Dimension	Tolerance	Basic Dimension	Tolerance	Approx.	Approx.	Min.		Approx.	Max.	Max.	Max.		Basic Dimension	Tolerance
M 12	12	+ 0.7 - 0.2	8	± 0.8	22	+ 0 - 0.6	25.4	20	20	0.8 - 1.6		0.7				25	+ 5 - 0
M 16	16		10		27		31.2	25	25		2	0.8				30	
M 20	20		13		32		37	30	29	1.2 - 2.0	2.5	0.9				35	
M 22	22		14	± 0.9	36		41.6	34	33			1.1	1°	2°		40	
M 24	24	+ 0.6 - 0.4	15		41	+ 0 - 1	47.3	39	38	1.6 - 2.4	3	1.2			0.4 ~ 0.8	45	+ 6 - 0
M 27	27		17		46		53.1	44	43			1.3				50	
M 30	30		19	± 1.0	50		57.7	48	47	2.0 - 2.8	3.5	1.5				55	

## NUT

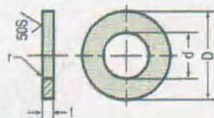
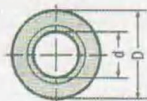
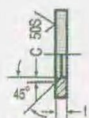


(Nut Marking)

(Unit : mm)

Nominal Size of Thread (d)	Outside Diameter External Thread	H		B		C	D	D1	a-b	E	F	h
		Basic Dimension	Tolerance	Basic Dimension	Tolerance	Approx.	Approx.	Min.	Max.	Max.	Max.	Approx.
M 12	12	12	± 0.35	22	0 - 0.8	25.4	20	20	0.7			
M 16	16	16		27		31.2	25	25	0.8			
M 20	20	20		32		37	30	29	0.9			
M 22	22	22		36		41.6	34	33	1.1	1°	2°	0.4 - 0.8
M 24	24	24	± 0.4	41	+ 0 - 1	47.3	39	38	1.2			
M 27	27	27		46		53.1	44	43	1.3			
M 30	30	30		50		57.7	48	47	1.5			

## WASHER



(Unit : mm)

Nominal Size of Washer	d		D		t		e or r
	Basic Dimension	Tolerance	Basic Dimension	Tolerance	Basic Dimension	Tolerance	Approx.
12	13	+ 0.7 0	26	+ 0 - 0.8	3.2	± 0.4	1.5
16	17		32				
20	21		40		4.5	± 0.5	
22	23		44	+ 0 - 1			2
24	25		48		6		
27	28	+ 1.0 0	55	+ 0 - 1.2		± 0.7	2.4
30	31		60		60		2.8